Beiträge

zur

Anatomie und Biologie der Früchte und Samen einheimischer Wasser- und Sumpfpflanzen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde der hohen philosophischen Fakultät

der

Friedr.-Alexander-Universität Erlangen.

Vorgelegt von

Otto Ohlendorf

aus Osnabrück.

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Juli 1907.

Osnabrück.
Druck von A. Liesecke.

36

Beiträge

zur

Anatomie und Biologie der Früchte und Samen einheimischer Wasser- und Sumpfpflanzen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde der hohen philosophischen Fakultät

der

Friedr.-Alexander-Universität Erlangen.

ACAD. LUGD BAT. BIBL.

Vorgelegt von

Otto Ohlendorf

aus Osnabrück.

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Juli 1907.

Referent: Professor Dr. H. Solereder.

Dekan: Professor Dr. H. Lenk.

Meinem lieben Vater!

Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der bereits vor einigen Jahren erschienenen und gleichfalls im botanischen Institute zu Erlangen angefertigten Dissertation Fauths (Beiträge zur Anatomie und Biologie der Früchte und Samen einiger einheimischer Wasser- und Sumpfpflanzen, Jena 1903). Gleich Fauth habe ich in den von mir behandelten Familien den Wasser- und Sumpfgewächsen vergleichshalber spezifisch xerophytische Arten gegenübergestellt.

Ueber die Ausführung meiner Untersuchungen möchte ich folgendes bemerken. Früchte einschliesslich der Samen wurden nur dann untersucht, wenn dieselben bei der Fruchtreife ihre Samen nicht entlassen, also bei Arten, welche Schliessfrüchte besitzen; in den übrigen Fällen lediglich die Samen.

Die Bearbeitung der Arten erfolgte familienweise. Der Besprechung der Verhältnisse bei den einzelnen Arten ist in jeder Familie eine kurze Uebersicht der bezüglichen Literatur vorausgeschickt. In den einzelnen Familien wurden zuerst die hydrophytischen Arten und dann erst vergleichshalber die terrestren behandelt. Bei den Hydrophyten wurden der Reihe nach die exomorphe Beschaffenheit von Frucht bezw. Samen, dann die anatomische Struktur, zu deren Feststellung hier und dort entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen notwendig waren, und schliesslich, soweit das Material es gestattete, die Ueberwinterung und Keimung besprochen. Ueberwinterung und Keimung wurden in vielen Fällen auch in der freien Natur beobachtet.

Die zur Untersuchung herangezogenen Familien und Arten, die terrestren Arten sind in Klammern beigefügt, sind die folgenden:

Fam. Potameae:

Zannichellia palustris L., Potamogeton natans L., Zostera marina L.;

Fam. Najadeae

Najas major All.;

Fam. Juncagineae:

Triglochin palustris L. und maritima L., Scheuchzeria palustris L.;

Fam. Araceae:

Calla palustris L., (Arum maculatum L.);

Fam. Liliaceae:

Narthecium ossifragum Huds. (Muscari comosum Miller);

Fam. Irideae:

Iris Pseud-Acorus L. und sibirica L., (Iris pallida Lam, Iris bohemica Schmidt und Iris ensata Thunb.);

Fam. Portulacaceae:

Montia minor Gmelin, Montia rivularis Gmelin;

Fam. Ceratophylleae:

Ceratophyllum demersum L. und submersum L.;

Fam. Ranunculaceae:

Ranunculus aquatilis L. und sceleratus L., (Ranunculus acer L.);

Fam. Cruciferae:

Subularia aquatica L.;

Fam. Crassulaceae:
Bulliardia aquatica DC., (Sedum album L.);

Fam. Hypericaceae:
Hypericum elodes L., (Hypericum perforatum L. und humifusum L.);

Fam. Elatineae:
Elatine Alsinastrum L., triandra Schkuhr., hexandra L., Hydropiper L., (Bergia erecta Guill.);

Fam. Lythraceae:
Peplis portula L., Lythrum Salicaria L.;

Fam. Oenotheraceae:
Isnardia palustris L., Epilobium palustre L., (Epilobium angustifolium L.);

Fam. Ericaceae:
Ledum palustre L., (Rhododendron ferrugineum L.);

Fam. Scrophularineae:
Veronica Beccabunga L., und Anagallis L., (Veronica agrestris L.), Limosella aquatica L.,

Fam. Lobeliaceae:
Lobelia Dortmanna L., (Lobelia inflata L., Lobelia Erinus L.).

Potameen.

Aus der Familie der Potameen gelangten die Früchte von Zannichellia palustris L., Zostera marina L. und Potamogeton natans L, typischer Hydrophyten, zur Untersuchung. Die wichtigste Literatur über die Früchte der genannten Pflanzen ist folgende:

N. Wille, Om Kimens Udviklings historie hos Ruppia rostellata og Zannichellia palustris, Vidensk. Meddel. fr. d. nat. For. Kopenhagen, 1882.

W. Hofmeister, Neue Beiträge zur Kenntnis der Embryobildung der Phanerogamen, II. Monokot., in Abh. d. Math.-phys. Cl. d. sächs. Ges. d. Wissenschaften, Leipzig, 1861.

Th. Irmisch, Ueber einige Arten aus der natürlichen Pflanzenfamilie der Potameen, in Abh. des nat. Ver. Prov. Sachs. u. Thür. II, Sonderabdr., Berlin, 1858.

F. Kölpin-Ravn, Om Flydeevnen hos Froëne af vore Vand- og Sumpplanter, in Bot. Tidsskrift Bd. 19, Kopenhagen, 1894. p. 170.

Tittmann, Die Keimung der Pflanzen etc. (Potamogeton) Dresden, 1821.

W. Hofmeister, Zur Entwicklungsgeschichte von Zostera, in Bot. Ztg. 1852, p. 121. T. III.

F. Hegelmaier, Ueber die Entwicklung der Blütenteile von Potamogeton, in Bot. Ztg. 1870, p. 282.

Grönland, Beitrag zur Kenntnis von Zostera marina L, in Bot. Ztg. 1851, p. 185, Tafel IV.

Zannichellia palustris L.

Die Frucht von Zannichellia ist ein steinfruchtartiges unter Wasser reifendes Nüsschen, welches aus einem oberständigen Fruchtknoten hervorgeht. Letzterer wird aus einem seitlich zusammengedrückten Fruchtblatte gebildet, dessen Bauchnaht der Abstammungsachse zugewandt ist; er ist kurz gestielt und trägt einen deutlichen Griffel mit schiefschildförmiger Narbe.

Jedes Fruchtblatt enthält nur eine an der Spitze des Fruchtknotens hängende orthotrope mit zwei Integumenten versehene Samenanlage.

Die lederartige braune Frucht von Zannichellia ist kurz gestielt und läuft in einen Fortsatz aus, der vom Griffelrest gebildet wird. Sie ist 5 mm lang und 1 mm breit. Fortsatz und Stiel sind je 1 mm lang. Die Frucht hat die Gestalt eines abgeflachten schwach gebogenen Zylinders, sie besitzt nämlich abgeflachte Lateralflächen, eine konvexe Ventralseite und eine konkave Dorsalseite. An den beiden zuletzt genannten Seiten finden sich einzelne hervortretende Höcker.

Die Fruchtschale, auf die ich jetzt näher zu sprechen komme, setzt sich aus einem relativ dünnwandigen Gewebe zusammen, nur die innersten Zelllagen bestehen aus stark sklerosierten Zellen. Die Epi-

dermiszellen des Pericarps haben polygonale Gestalt und sind in der Richtung der Längsachse der Frucht etwas gestreckt. Ihre Aussenwände sind stark verdickt und geben abgesehen von der dünnen Kutikula die Zellulosereaktion, d. h. sie färben sich mit Jod und Schwefelsäure schön blau; die Seiten- und Innenwände hingegen sind weniger verdickt. Im Alkoholschnitt sieht man die Seitenwände der Epidermiszellen ziehharmonikaartig zusammengefaltet, bei Zutritt von Wasser strecken sie sich stark. In ihrem Lumen enthalten sie einen braunen körnigen Inhalt von desorganisiertem Plasma, der sich durch Jod gelbbraun färbt, und ausserdem geringe Mengen von Stärkekörnern.

Das übrige Gewebe der Fruchtschale differenziert sich im wesentlichen in ein äusseres nicht oder wenig verholztes parenchymatisches und ein nach innen gelegenes sklerenchymatisches Gewebe. Das sich an die Epidermiszellen anschliessende Parenchymgewebe setzt sich aus grosslumigen Zellen zusammen, die viel Stärkekörner enthalten. An den Lateralflächen ist das Parenchymgewebe zum grössten Teile ein- bis zweischichtig, an der dorsal und ventral Seite dagegen mehrschichtig. Die Zellwände der inneren Schichten dieses Parenchymgewebes sind schwach verholzt; dadurch ist gewissermassen ein schwacher Uebergang zu dem nun zu besprechenden sklerenchymatischen Gewebe gegeben.

Das sklerenchymatische Gewebe, welches die innere Wand des Pericarps auskleidet, besteht meist aus zwei Schichten fest ineinander gefügter mit vielen Tüpfeln versehener Parenchymzellen, welche in der Richtung der Fruchtlängsachse orientiert sind, mit horizontalen oder schiefen Wänden aneinander grenzen und einen polygonalen Querschnitt aufweisen. Die stark verholzten Längswände dieser Zellen erscheinen auf dem Längsschnitt schwach und reichlich unduliert, der Umriss der Zellen und ihr Lumen auf dem Querschnitt rundlich. Von dieser inneren sklerosierten Zellschicht des Pericarps entspringen an der dorsal und ventral Seite senkrecht zur Fruchtlängsachse Sklerenchymzellstränge von gestreckt-kegelförmiger Gestalt, welche sich bis zur Epidermis erstrecken; ihre Zellen sind mehr oder weniger faserartig gestreckt, ihre Zellwände verholzt und im unteren Teil des Komplexes dicker, im oberen allmählich dünner. Hierdurch entsteht ein festes Gerüst, das den dünnwandigen Teilen der Fruchtschale einen festen Halt verleiht. Das die Sklerenchymkomplexe umgebende Parenchymgewebe weist grösstenteils, besonders in seiner direkten Berührung mit den Sklerenchymfaserzellen, Zellen auf, deren Wandungen mit spiraligen bis bogenförmigen Verdickungsleisten versehen sind.

In dem reifen Früchtchen ist das unverholzte Gewebe zusammengesunken; dadurch treten die radial verlaufenden Sklerenchymstränge auf der Oberfläche des Pericarps an Bauch- und Rückennaht hervor und bilden die oben erwähnten Höckerchen. An der Rückennaht der

Frucht verläuft umgeben von sklerosierten Zellen ein Gefässbündel, das an der Basis in die Fruchtschale eintritt und im oberen Teile des Griffels endigt.

Der Zusammenhang des Samens mit der Fruchtschale ist ziemlich locker und eben nur auf den ursprünglichen Anheftungspunkt beschränkt; der Same lässt sich daher sehr leicht aus dem Pericarp herauslösen. Die dünne gelbliche Samenschale schliesst, weil ein Nährgewebe nicht vorhanden ist, direkt den Embryo mit seinem spiralig gebogenen Kotyledon ein. Die Samenschale besteht nur aus einer stark verkorkten Membran in der noch die Konturen der zur Samenlängsachse langgestreckten Epidermiszellen zu sehen sind. Nur an der Basis und Spitze sind am Querschnitt durch die Samenschale zwei Zellschichten zu unterscheiden.

Die Entwickelungsgeschichte des Embryos von Zannichellia ist schon von Hofmeister und Wille beschrieben; ihre Beobachtungen decken sich mit den meinigen: Die Eizelle teilt sich nach der Befruchtung in eine untere Zelle, die stets ungeteilt bleibt, und eine obere Zelle. Aus letzterer, die sich nun schnell wiederholt teilt, geht der Embryo hervor, während die untere im reifen Samen sogar noch deutlich sichtbare Zelle ausserordentlich an Grösse zunimmt.

Der völlig entwickelte Embryo, der von Wille (l. c. Tab. II, Fig. 45) abgebildet wurde, ist 1850 μ lang und zwar das Hypokotyl 1050 μ und das Kotyledon 800 μ; das Hypokotyl ist an der Basis 400 μ breit. Das lange gipfelständige sich nach der Spitze hin verschmälernde Keimblatt ist nahe über seiner Basis nach der ventralen Fruchtseite schneckenförmig eingerollt. An der Basis des Hypokotyls erscheint die Anlage der Hauptwurzel als eine kleine Warze und an dieser hängt der Embryoträger, der wiederum an der durch Teilung aus der Eizelle hervorgegangenen oben erwähnten noch immer ungeteilten jetzt aber collabierten Zelle fixiert ist. Dorsal an der Uebergangsstelle des hypokotylen Gliedes in den Kotyledon tritt auch schon die erste Laubblattanlage stark hervor. Ebenfalls ist schon der Vegetationspunkt des Sprosses, der bereits die Anlage des zweiten Laubblattes erkennen lässt, ausgebildet und zwar wird er von dem unteren scheidenartig entwickelten Teile des Keimblattes umhüllt. Auf einem Längsschnitt durch das Hypokotyl sieht man auch schon seine innere Differenzierung und zwar eine Grenze zwischen Plerom und Periblem, beide von dem Dermatogen umgeben, auch sind schon einige Zellreihen, die die Wurzelanlagen bilden, zu erkennen. Das Gewebe des Embryos besteht aus dünnwandigem Parenchym, dessen Zellen reichlich mit Stärkekörnern angefüllt sind.

Die unter Wasser reifenden einsamigen Schliessfrüchte von Zannichellia werden durch Verwesung ihres Trägers isoliert. Infolge ihres geringen spezifischen Gewichtes

schwimmen sie kurze Zeit auf dem Wasserspiegel und können so — Zannichellia wächst meist in stark fliessenden Bächen — weite Verbreitung finden. Nach kurzer oder längerer Zeit saugen sich doch die meist Luft führenden Zellen des Exocarps voll Wasser und bewirken dadurch das Untersinken der Frucht. Im Schlamm überwintert der Same, geschützt gegen allzugrosse Feuchtigkeit, die Fäulnis bewirken würde, durch das ihn allseitig umgebende sklerosierte Endocarp. Eine weitere Verbreitung der Frucht kann auch dadurch erfolgen, dass die durch mechanische Vorgänge häufig abgerissenen mit reifen Früchten besetzten Sprossteile an der Oberfläche des Wassers schwimmen und während des Umhertreibens desselben sich die reifen Früchte von diesen ablösen Auch kann man bisweilen im Winter beobachten, dass die noch zum Teil mit Früchten besetzten Sprossteile dicht unter dem Wasserspiegel an die Eisdecke anfrieren und nach deren Zertrümmerung beim Auftauen von der Pflanze losgerissen und von den Eisstücken weitergetragen werden. Vielleicht werden auch, wie Wille bei Ruppia angibt, die Früchte von Zannichellia durch Tiere (Wasservögel und vielleicht Fische) ausgebreitet, welchen die in der äusseren Lage der Fruchtschale befindliche Stärke als Nahrungsmittel dient, während die harten Steinzelllagen den Embryo schützen.

Ueber die Keimung und weitere Entwickelung der jungen Pflanze finden sich schon bei Wille und Irmisch Aufzeichnungen; ersterer hat auch die junge Keimpflanze abgebildet. Meine Beobachtungen, die sich mit denen der oben genannten Autoren decken, sind folgende: Nachdem das parenchymatische Exocarp durch Verwesung zu Grunde gegangen und das sklerosierte Endocarp durch Wasser geweicht ist, wird durch das sich streckende Hypokotyl die Fruchtschale in zwei fast gleiche Längshälften auseinandergespalten. Das untere Ende des Embryos wendet sich gleich dem Erdboden zu. Die Wurzelwarze verlängert sich zur Hauptwurzel, welche in den Boden eindringt. Das in der Frucht spiralig umgebogene Keim-

blatt rollt sich aus. An der Basis des Hypokotyls und zwar an der Uebergangsstelle in die Wurzel bildet sich nun ein ringartiger Wulst, der mit einem Kranz von dichten langen Wurzelhaaren besetzt ist, die den Embryo am Boden befestigen, bis die Hauptwurzel ausgewachsen ist und ihre Funktion übernehmen kann. Der anfangs weisse, später grüne und als Assimilationsorgan dienende Kotyledon wächst stark in die Länge und besitzt eine pfriemenförmige Gestalt. An seiner Basis an der Uebergangsstelle in das hypokotyle Glied tritt aus seiner Scheide das erste Laubblatt hervor, das dünn und bandförmig ist. In der Achsel dieses ersten Laubblattes entsteht eine Sprossanlage, die vollständig den an älteren Pflanzen auftretenden Knospen gleicht. Die Hauptwurzel zeigt nur kurze Zeit ein Längenwachstum: sie geht bald zu Grunde, nachdem sich sowohl unter dem Kotyledon, als auch unter den nachfolgenden, fadenförmigen, linealen Laubblättern Nebenwurzeln in grosser Zahl gebildet haben.

Potamogeton natans L.

Die aus einem oberständigen Fruchtknoten hervorgegangene Frucht von Potamogeton ist eine Steinfrucht. Diese besitzt nierenförmige Gestalt und eine bräunliche runzelige Oberfläche. Von den Seiten her ist sie etwas zusammengedrückt; die Dorsalseite ist konvex vorgebogen. Die an ihrer Spitze in einen kleinen Schnabel auslaufende Frucht ist 0,5 cm lang und 0,3 cm breit. Die Fruchthöhlung wird vollständig von dem hakenförmig gestalteten, mit seiner hakenförmigen Spitze nach oben und ventral gerichteten Samen ausgefüllt. Der Same enthält kein Nährgewebe, weshalb auch der Embryo die hakenförmige Gestalt des Samens teilt. Der Same ist aus einer campylotropen Samenanlage hervorgegangen, die zwei Integumente besitzt; letztere sind aus je zwei Zellschichten zusammengesetzt. Die einzige Samenanlage ist grundständig, ihre Mikropyle ist nach unten und nach der Ventralseite des Fruchtknotens gekehrt.

Die Fruchtschale, auf die ich jetzt näher zu sprechen komme, ist folgendermassen zusammengesetzt: Das Fruchtfleisch besteht abgesehen von der Epidermis aus einem lockeren Parenchymgewebe. Dieses liegt der darauf nach innen folgenden stark ausgebildeten Steinzellenschicht (Endokarp) in der trockenen Frucht dicht an; erst nach Wasserzusatz streckt sich der Exokarp wieder stark radial. Die Zellen der Epidermis sind in der Flächenansicht polygonal und dabei etwas in Richtung der Fruchtlängsachse gestreckt, mit stark verdickten Aussenwänden versehen, auf dem Querschnitt sind sie relativ voluminös und rundlumig. Die Aussenwände sind stark verholzt, die dünnen Innen- und Seitenwände hingegen färben sich mit Phloroglucin und Salzsäure nur schwach rosa, sind also nur wenig verholzt. Das nach innen folgende lockere Parenchymgewebe setzt sich aus dünnwandigen Parenchymzellen zusammen, welche grosse lufterfüllte Intercellularräume zwischen sich nehmen. Kölpin-Ravn, bei dem sich (l. c. p. 170) bereits einige Angaben über die Anatomie der Fruchtschale finden, vergleicht dies Gewebe ganz treffend mit dem Rindengewebe der Wasser- und Sumpfpflanzen. Das in Rede stehende Parenchymgewebe enthält als Inhaltsstoffe Stärke und Plasmareste.

Das Endokarp besteht aus mehreren Schichten stark verdickter, verholzter und reichlich getüpfelter Zellen (Steinzellen). Die Zellen der innersten Schichten sind etwas in Richtung der Fruchtlängsachse gestreckt, die übrigen zeigen isodiametrische Form. Vom Endokarp aus dringen unregelmässig an zahlreichen Stellen besondere Zellkomplexe in das Fruchtfleisch ein, deren dünnwandige parenchymatischen Zellen ringförmige Leisten und schwache Verholzung aufweisen. Sie verleihen dem Fruchtfleisch beim Eintrocknen einen grösseren Halt. Wie schon oben erwähnt, liegt in der trockenen Frucht das Fruchtfleisch dem Endokarp dicht an, nur an den Stellen, wo sich die genannten Zellkomplexe befinden, gewahrt man an der Fruchtoberfläche kleine Erhöhungen. Letztere veranlassen auch das runzelige Aussehen der Frucht. Beizufügen ist noch, dass das an der Basis der Frucht eintretende Gefässbündel sich teilt und je ein Strang sowohl an der Ventral- wie auch Dorsalseite in dem sklerosierten Gewebe verläuft, beide Stränge vereinigen sich wieder an der Spitze der Frucht.

Bei genauerer Untersuchung erweist sich das Endokarp aus zwei ungleich grossen Schalenstücken zusammengesetzt, welche voneinander durch eine Schicht dünnwandig gebliebenen und unverholzten Parenchymgewebes geschieden sind. Das kleine Schalenstück ist das dorsale, das Grössere das ventrale; letzteres erhält eine ziemlich komplizierte Gestalt dadurch, dass das Gewebe der Ventralseite des Fruchtknotens während der Embryoentwickelung in die Krümmung des hakenförmig gebogenen, den Samen vollständig ausfüllenden Embryos hineinwächst, so dass dessen Konkavität von einem Fortsatz dieses ventralen Schalenstückes eingenommen wird.

Macht man successive Querschnitte durch eine Frucht, so erscheint daher die Grenze zwischen beiden Schalenstücken und besonders die Gestalt des ventralen Teiles auf verschiedenen Höhen ziemlich ungleichartig. Ausserdem sind die Zellen des sklerosierten Endokarps an den verschiedenen Stellen in ungleichartigem Grade verdickt namentlich im allgemeinen schwächer im Rückenstück und dem in die Samenkurvatur hineinragenden Teile des Bauchstückes.

Ich komme nun auf die Struktur des Samens zu sprechen. Die sich leicht ablösende Schale desselben besteht von aussen nach innen aus der Epidermis, einer starken Kutikula und einer Schicht collabierten Gewebes. Die Epidermiszellen haben in der Flächenansicht rechteckige Gestalt und sind in Richtung der Samenlängsachse gestreckt. Gegen die nach innen folgende Kutikula sind die einzelnen Zellen konvex vorgewölbt, so dass kleine, auf dem Samenquerschnitt dreieckige Intercellularräume gebildet werden. Die Aussen- und Innenwände der Epidermiszellen sind dünn, die Seitenwände stark verdickt und reichlich getüpfelt. Sämtliche Wände sind verkorkt bis auf die innersten dünnen Lamellen der Aussen- und Seitenwände, welche Zellulosereaktion geben. Ueber die nach innen folgende Kutikula ist nichts weiteres zu sagen. Das nach unten nun folgende collabierte Gewebe gibt Zellulosereaktion und stellt den Rest des inneren Integumentes vor.

Die Samenschale umgibt, da Nährgewebe nicht vorhanden ist, unmittelbar den grossen sehr entwickelten Embryo. Dieser gleicht in mancher Beziehung dem Embryo von Zannichellia. Auch hier ist das in seiner Scheide die stark entwickelte Plumula einschliessende, gipfelständige und nach der Spitze hin sich verschmälernde Keimblatt hakenförmig umgebogen und zwar nahe seiner Basis nach der ventralen Fruchtseite hin. Der Embryo ist 2,4 mm lang und an der Basis 0,5 mm breit; der Kotyledon besitzt eine Länge von 1,4 mm.

Das dünnwandige Parenchymgewebe des Embryos enthält viel Stärke und fettes Oel.

Ueber die Ueberwinterung und Keimung der Frucht von Potamogeton ist folgendes anzuführen: Die reife Frucht ist, wie schon eingangs bemerkt wurde, eine Steinfrucht, welche durch Verwesung ihres Trägers isoliert wird. Sie besitzt infolge der im dünnwandigen Parenchym der äusseren Fruchtschale befindlichen grossen Lufthöhlen ein längeres Schwimmvermögen und kann deshalb durch die Strömung oder durch die auf den Wasserspiegel auffallenden Winde weit verbreitet werden. Nachdem sich aber nach einiger Zeit die lufthaltigen Hohlräume des Perikarps voll Wasser gesogen haben, sinkt die Frucht

zu Boden, wo sie geschützt durch die sklerosierten Teile der Fruchtschale überwintert. Die fleischigen Teile der Fruchtwand gehen durch Vermoderung früher oder später zu Grunde.

Die Verbreitung der Früchte von Potamogeton erfolgt nicht allein durch das Umherschwimmen auf der Oberfläche des Wassers, sondern namentlich soweit grössere Gebiete in Betracht kommen, auch durch Wasservögel, an deren Gefieder sie haften bleiben. Auch mögen die Früchte, wie Guppy beobachtet hat, dadurch weiter verbreitet werden, dass sie von Vögeln gefressen werden und unverdaut den Darmkanal passieren.

Die Keimung von Potamogeton wurde bereits von Tittmann und Irmisch beschrieben; im wesentlichen stimmen meine im folgenden niedergelegten Beobachtungen mit ihren Darstellungen überein. Die Früchte, welche unter Wasser überwinterten, begannen erst im April des folgenden Jahres zu keimen. Der sich streckende Keimling schiebt das im anatomischen Teile näher beschriebene kleine dorsale Schalenstück ab, dessen Umrisse schon vorher deutlich sichtbar werden. Der heraustretende Embryo streift die Testa ab und streckt sich in die Höhe. Das am Grunde stark scheibenförmig verdickte Hypokotyl bleibt oft längere Zeit in dem grossen ventralen Schalenstücke eingeschlossen. Schliesslich wird auch letzteres abgestreift und aus der Mitte der scheibenförmigen Erweiterung an der Basis des Hypokotyls tritt die Hauptwurzel hervor und zwar zunächst in Gestalt einer kleinen Warze. Die stets unverzweigt bleibende dünne Hauptwurzel wächst aber schnell heran und bedeckt sich, wie auch das scheibenförmige Gebilde, mit zahlreichen Wurzelhaaren. Das Keimblatt wächst schnell in die Länge und ergrünt; bald tritt auch an seiner Basis aus der Kotyledonarspalte das erste dreinervige Laubblatt hervor. Nach dem Erscheinen des zweiten Laubblattes, aus dessen Achsel ein Seitenspross hervorbricht, tritt auch an der der Basis des ersten Laubblattes gegenüberliegenden Stelle die erste Nebenwurzel auf.

Zostera marina L.

Die unter Wasser reifenden Früchte der auf sandigem und schlammigem Meeresgrunde wachsenden Zostera sind steinfruchtartige Nüsschen, die aus einem oberständigen Fruchtknoten hervorgegangen sind. Letzterer ist einfächerig uud aus einem Fruchtblatte gebildet und enthält in seinem Inneren eine einzige an der Spitze des Fruchtknotenfaches angeheftete hängende orthotrope Samenanlage mit nach unten gerichteter Mikropyle. Die Samenanlage besitzt zwei Integumente, von denen das innere über das äussere an der Mikropyle vorspringt. Das äussere Integument besteht zur Zeit der Befruchtung aus einem mehrschichtigen Gewebe. Die Epidermis desselben (Epidermis der Samenanlage) besteht aus Zellen, welche an Grösse die übrigen Zellen des Integumentes übertreffen und quer zur Richtung der Längsachse der Samenanlage gestreckt sind, also annähernd schon die Form der Zellen besitzen, welche die Epidermis der Samenschale aufweist (siehe unten). Unter der Epidermis liegen zunächst einige Schichten in der Richtung zur Längsachse der Samenanlage gestreckter Zellen und dann eine Schicht isodiametrischer parenchymatischer Zellen. Das innere Integument wird von zwei Zellschichten gebildet, abgesehen von der Mikropylegegend, wo es mehrschichtig ist.

Die dunkelbraune zylindrische mit Längsrippen versehene Frucht ist durch den Griffelrest geschnäbelt und ist 0,5 cm lang und 0,15 cm breit. Die dünne häutige Fruchtschale umschliesst einen länglich-eiförmigen Samen, dessen lederartige dunkelbraune Oberfläche zahlreiche Längsfurchen besitzt.

Die sich leicht vom Samen ablösende Fruchtschale weist folgende Struktur auf. Ihre Epidermis besteht aus polygonalen mit verdickten Aussenwänden versehenen Zellen. Darunter liegt ein mehrschichtiges dünnwandiges, — nur die Innenwand der innersten Zellen ist verdickt, — aus Zellulose bestehendes schwach collabiertes Parenchymgewebe, dessen Zellen Chlorophyllreste enthalten. Diesem Gewebe lagert sich nach innen eine aus zwei bis drei Zelllagen hervorgegan-

gene stark collabierte und verschleimte Schicht an, die gegen den Samen durch eine dünne Kutikula abgegrenzt ist Die verschleimte Schicht ist durch Tuschelösung und Blaufärbung nach Zusatz von Jod und Schwefelsäure nachweisbar. Die zusammengesunkene Fruchtschale schmiegt sich dem Samen eng an, wodurch die Längsfurchen desselben an ihrer Oberfläche bemerkbar werden.

Die Samenschale, auf die ich jetzt des näheren zu sprechen komme, zeigt folgende Zusammensetzung. Nach aussen hin wird sie von einer charakteristischen Epidermis abgegrenzt. Die Epidermiszellen haben annähernd Ziegelsteinform, sind in Längsreihen parallel zur Samenlängsachse angeordnet und mit ihrem grössten Durchmesser quer zur Samenlängsachse gestellt. Ein Teil der Längsreihen zeichnet sich durch breitere und etwas niedere, der andere durch schmalere und etwas höhere Zellen in der Flächenansicht aus, wodurch die oben erwähnten Längsfurchen des Samens bedingt werden Die Zellwände sind ausserordentlich stark verdickt, so dass das ganze Zelllumen typisch spaltenförmig ist. Auf Samendurchschnitten, welche parallel zur Samenlängsachse geführt sind, zeigen sohin die Epidermiszellen eine palisadenartige Gestalt und ein linienförmiges Lumen, auf Samendurchschnitten quer zur Samenlängsachse sind sie quergestreckt, mit ihrem Lumen ersichtlich und die dicken Aussenwände etwas eingesunken. Bezüglich der Wandbeschaffenheit ist noch zu bemerken, dass die stark verdickten Wände deutliche Schichtung aufweisen, und dass die primären Lamellen schwach verholzt sind, die sekundären Verdickungsmembranen aus Zellulose bestehen. Unter der Epidermis befinden sich drei bis vier Schichten stark in der Richtung der Samenlängsachse gestreckter langer schmaler und verholzter Parenchymzellen; die Zellen der äusseren Schichte zeichnen sich noch durch stark verdickte und getüpfelte Wände aus. Den innersten Teil der Samenschale bildet ein kutinisiertes Häutchen. Dieses ist allein wie die Entwicklungsgeschichte zeigt aus dem inneren Integument hervorgegangen, während die übrigen Teile der Samenschale sich aus dem äusseren Integumente gebildet haben.

Das Sameninnere wird von dem grossen fleischigen Embryo eingenommen. Letzterer besitzt eine überaus eigenartige Gestalt und hat deswegen bereits wiederholt das Interesse der Forscher auf sich gezogen. So geben Hofmeister (l. c. p. 121, Tafel III) und Grönland (l. c. p. 185, Tafel IV) eingehende Schilderungen über die Entwicklungsgeschichte des Embryos bei Zostera. Der Embryo bildet einen fleischigen, abgeflacht-eiförmigen, seitlich mit einer tiefen Spalte versehenen Körper, welcher von dem unteren Teil des Hypokotyls (Hypotokyl I) gebildet wird, und den oberen schlank zylindrischen, in der Mitte des Hypokotyls I entspringenden und hufeisenförmig gebogenen Teil des Embryos einschliesst. Der absteigende Schenkel des letzteren wird von dem oberen Teile des Hypokotyls (Hypo-

kotyl II), der aufsteigende aber vom Kotyledon gebildet. Auf dem Querschnitt durch den in der Kotyledonarspalte eingeschlossenen Vegetationspunkt des Embryos sieht man die Anlage von vier Blättern. Das parenchymatische Gewebe des Embryos enthält neben wenig Plasma vorzugsweise grosskörnige Stärke gespeichert.

Najadeen.

Aus der Familie der Najadeen, die bekanntlich nur Wasserpflanzen enthält, stand mir als Untersuchungsobjekt Najas major All. zur Verfügung. Die wichtigste bezügliche Literatur ist folgende:

P. Magnus, Beitrag zur Kenntnis der Gattung Najas, Diss Berlin, 1870.

P. Magnus, Najadaceae, in „Natürliche Pflanzenfamilien" (Engler und Prantl), T. II, p. 214.

W. Hofmeister, Neue Beiträge zur Kenntnis der Embryoentwickelung der Phanerogamen, T. II, in Abh. d. K. sächs Ges. d. Wissensch., Leipzig, 1861.

Th. Irmisch, Beitrag zur Naturgeschichte von Stratiotes aloïdes (Keimung von Najas), in Flora, 1865, p. 83.

P. Graebner, Najadaceae, in Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Bd. I, Lief. 6, Stuttgart, 1906.

Najas major All.

Die weibliche Blüte von Najas ist nackt und besteht lediglich aus dem von drei Fruchtblättern gebildeten, einfächerigen, oberständigen Fruchtknoten, welcher von einem Griffel und drei Narben gekrönt ist Die Fruchtknotenhöhle schliesst eine grundständige anatrope Samenanlage mit zwei Integumenten ein, von denen das äussere bedeutend dicker als das innere ist.

Die Frucht kann als eine nussartige bezeichnet werden. Zur Zeit der völligen Samenreife ist die Fruchtwand grösstenteils abgelöst und haftet nur mehr an einigen Stellen dem Samen an. Der grünlich-braune Same ist 0,7 cm lang und 0,25 cm breit. Er besitzt eine äusserst harte Schale und kein Nährgewebe, er birgt in seinem Inneren nur den weit entwickelten grossen Embryo.

Da, wie bereits erwähnt wurde, zur Zeit der völligen Samenreife die Fruchtwand grösstenteils abgelöst ist und nur mehr an einigen Stellen dem Samen anhaftet, so sind zur Untersuchung des Perikarps nicht völlig ausgereifte Früchte heranzuziehen. Die Fruchtschale setzt sich von diesen folgendermassen zusammen: Nach aussen wird dieselbe durch eine Epidermis abgeschlossen, deren in der Flächenansicht polygonalen Zellen stark in der Richtung der Fruchtlängsachse gestreckt sind. Unter der Epidermis befinden sich ein bis zwei Schichten dünnwandige collabierte mit wenigen spaltenförmigen Tüpfeln versehene Parenchymzellen. Die Zellen des Perikarps führen als Inhalt Chlorophyll- und Plasmareste; ausserdem sind noch die in ihnen vorkommenden Einzelkristalle von Calciumoxalat, die sowohl quadratisch, wie auch stäbchenförmig gestaltet sind, bemerkenswert.

Ich komme jetzt auf die Anatomie der Samenschale zu sprechen. Um den Bau der Testa besser zu erfassen, ist es nötig, vorerst auf jüngere Entwickelungsstadien zurückzugehen. Das innere Integument, welches aus wenigen Zelllagen besteht, nimmt an dem Bau der Testa keinen hervorragenden Anteil; es wird durch den heranwachsenden Embryo bald zusammengedrückt. Das äussere Integument, welches im wesentlichen die Samenschale zusammensetzt, besteht an der eben befruchteten Samenanlage aus der Epidermis, deren Zellen sich durch ihre Grösse (Radialdurchmesser = 24 μ) auszeichnen und in der Flächenansicht polygonal erscheinen und aus fünf Schichten ziemlich kleinzelligen Parenchyms

An den nun weiter folgenden Entwickelungsstadien des äusseren Integumentes beobachtet man, dass die Epidermiszellen sich noch bedeutend vergrössern und schliesslich einen Radialdurchmesser von 130 μ und einen Tangentialdurchmesser von 55 μ erlangen; zugleich zeigen sich an ihren Seitenwänden allmählich, in dem unteren Teile der Seitenwände zuerst, die Anfänge von netzartigen Verdickungen. Das kleinzellige Parenchymgewebe lässt in diesem Stadium ebenfalls schon den Beginn der Verdickung und Tüpfelung seiner Zellwände erkennen.

Im reifen Samen besteht die Testa aus der Epidermis, einem sklerosierten Parenchymgewebe und dem von einer Kutikula bedeckten Geweberest des inneren Integumentes Die grossen stark radial gestreckten, in der Flächenansicht sechseckigen Epidermiszellen besitzen sehr dünne Aussenwände und mässig verdickte und schwach verfolgte Innen- und Seitenwände; letztere werden nach aussen hin succesive dünner. Die Seitenwände weisen ausserdem noch netzartige Verdickungen auf, die Magnus (l. c. p. 214) in nicht korrekter Weise als zierliche spiralige Wandverdickungen anspricht. An dem reifen Samen werden übrigens gewöhnlich die charakteristisch gebauten Epidermiszellen, wie noch bemerkt sein mag, nur mehr in unvollkommener Weise angetroffen, da infolge der beschriebenen Wandbeschaffenheit

Aussenwand und die äusseren Teile der Seitenwände durch die Einwirkung des Wassers verloren gehen.

Das auf die Epidermis nach innen folgende reichlich getüpfelte und sklerosierte Parenchymgewebe der Testa besteht in seinen äusseren Schichten aus fast isodiametrischen ziemlich weitlumigen Zellen, in seinen innersten Schichten aus engerlumigen Zellen, welche in der Richtung der Samenlängsachse etwas stärker gestreckt und auf dem Querschnitte in radialer Richtung zusammengedrückt sind.

Da ein Nährgewebe nicht vorhanden ist, folgt auf die Testa sofort der Embryo. Seine Entwicklung ist von Hofmeister ausführlich beschrieben. Der gerade längliche Embryo ist 0,4 cm lang und 0,1 cm breit, sein Hypokotyl besitzt gelbliches, sein sich nach der Spitze hin verschmälernder Kotyledon dunkelgrünes Aussehen. Der untere scheidenartig entwickelte Teil des Kotyledons umschliesst eine sehr entwickelte Plumula. An letzterer lässt sich neben dem ersten Laubblatte der Vegetationspunkt des Sprosses und die Anlage des zweiten Laubblattes erkennen. Das Gewebe des Embryos setzt sich aus Parenchym zusammen, dessen Zellen zahlreiche kleinere Interzellularräume zwischen sich nehmen. Die Zellen sind mit Stärkekörnern und fettem Oel dicht angefüllt.

Ueber die Ueberwinterung und Keimung der Samen von Najas ist folgendes anzuführen. Die unter dem Wasserspiegel reifenden Samen werden durch Verwesung ihres Trägers isoliert. Sie schwimmen kurze Zeit auf der Oberfläche des Wassers und können so durch Wellenschlag weitere Verbreitung finden. Wie auch schon Magnus (l. c. p. 214) erwähnt, können die Samen durch Wasservögel nach entfernteren Orten transportiert werden. Bei dieser Verbreitungsweise leisten dem Samen hauptsächlich die im anatomischen Teile näher beschriebenen fast haarartig zerschlitzten Seitenwände der Epidermiszellen gute Dienste, die ein leichtes Anhaften bewirken.

Einrichtungen, die zum Schutze des Embryos dienen, sind bei Najas in hohem Masse ausgebildet. Der Keimling ist, wie wir aus der anatomischen Beschreibung ersehen haben, durch eine dicke Testa, die mit Ausnahme der Epidermiszellen aus einem dicken und festen Steinmantel besteht, allseitig geschützt. Diese Umhüllung kommt dem Samen sehr zu statten, denn er schützt den Embryo bei der langen Samenruhe im Schlamme am Boden des Gewässers vor allzugrosser Feuchtigkeit.

Die Keimung von Najas haben bereits Irmisch (l. c. p. 83), der auch eine Abbildung von der jungen Keimpflanze gibt und Magnus (l. c. Diss. p. 11) beschrieben; letzterer hat nur die voll entwickelte Keimpflanze beobachtet. Im wesentlichen stimmen deren Aufzeichnungen mit meinen im folgenden niedergelegten Beobachtungen überein.

Durch Streckung des hypokotylen Gliedes wird die Testa der Länge nach in zwei kahnförmige Hälften gespalten und die kurze, kegelförmige Wurzel am Funikularende aus der Samenschale herausgeschoben. Die Wurzel wendet sich gleich dem Boden zu und wächst in die Länge. An ihr entstehen bald zur Befestigung des Keimlings im Erdboden zahlreiche lange Wurzelhaare und zwar an der ganzen Oberfläche der rudimentären Wurzel, im Gegensatz zu den Keimlingen der meisten anderen Wasserpflanzen, die eigentlich nur zunächst an der Uebergangsstelle der Wurzel in das Hypokotyl auf dem ringartigen Wulste, einen Kranz von Wurzelhaaren entwickeln. Während sich das Hypokotyl weiter streckt, wird der Kotyledon, der an seiner Spitze noch meist die gespaltene Testa trägt, mit der Plumula in die Höhe gehoben. Der pfriemliche Kotyledon wächst nun stark in die Länge und streift die Testa schliesslich ab und dient, nachdem er ergrünt, als Assimilationsorgan. Unterdessen hat schon die relativ kurze Hauptwurzel ihre endgültige Länge erreicht und es tritt an der Basis des Keimblattes gegenüber der Kotyledonarspalte die erste Nebenwurzel auf, welche die absterbende Hauptwurzel alsbald im Längenwachstum überholt. Dieser ersten Nebenwurzel folgen bald weitere und übernehmen über kurz oder lang vollkommen die Funktion der Hauptwurzel. Zugleich mit der ersten Nebenwurzel erscheint auch das erste Laubblatt und wächst, wie auch die nächstfolgenden Laubblätter, zu einem linealen, am Rande scharf gesägten durchscheinenden Blättchen aus. Die Blätter des dicht über dem Kotyledon befindlichen Laubblattpaares bilden mit dem Keimblatt einen rechten

Winkel; darauf folgen durch grössere oder kleinere Internodien getrennt, die weiteren Blattpaare in Alternanz.

Juncagineen.

Aus dieser Familie wurde Triglochin palustris L. und Scheuchzeria palustris L. untersucht und vergleichshalber auch Triglochin maritima L.; alle drei Pflanzen bevorzugen sumpfiges Gelände als Standort. Die wichtigste Literatur über die Früchte der genannten Pflanzen ist die folgende:

Fr. Buchenau, Beiträge zur Kenntnis der Butomaceen, Alismaceen und Juncagineen, in Engl. botan. Jahrb., Bd. II, 1882, p. 490.

Fr. Buchenau, Scheuchzeriaceae, in Pflanzenreich, (Regni vegetabilis conspectus) H. 16, 1903.

W. Hofmeister, Neue Beiträge zur Kenntnis der Embryobildung der Phanerogamen, II. Monokotylen, in Abh. d. math.-phys. Cl. d. K. sächs. Ges. d. Wissenschaften. Leipzig, 1861.

F. Kölpin-Ravn, Om Flydeevnen hos Froëne etc., in Botanisk Tidsskrift, B. 19, 1894, p. 158.

Kraus, Ueber den Bau trockener Perikarpien, in Pringh. Jahrb., Bd. V, 1896/97, p. 108.

E. Loew, Juncaginaceae, in Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Bd. I, Lief. 6, Stuttgart, 1906.

Triglochin palustris L.

Die aus einem oberständigen dreiblättrigen Fruchtknoten hervorgegangene Frucht von Triglochin besteht aus drei verschiedenen der ganzen Länge nach verwachsenen mit trockenem Perikarp versehenen Teilfrüchten, die an einer zentralen Achse befestigt sind. Der von der Fruchtschale eingeschlossene Same besteht, da ein Nährgewebe fehlt, nur aus einer dünnen Samenschale und dem grossen Embryo. Der Same ist aus einer anatropen und zugleich apotropen Samenanlage hervorgegangen. In jedem Fruchtknotenfache befindet sich nur eine an dem Grunde des Faches angeheftete und mit der Mikropyle nach aussen gekehrte Samenanlage; diese besitzt zwei Integumente, von denen das innere aus dem

äusseren hervorragt. Ein deutliches Gefässbündel ist erst nach der Befruchtung vorhanden. Zu bemerken ist noch, dass sich neben der Mikropyle an dem kurzen Funikulus zahlreiche Papillen befinden, die zur Leitung des Pollenschlauches dienen.

Was nun die einzelne Teilfrucht anlangt, so besitzt dieselbe eine lineale, nach dem Grunde in eine lange Spitze auslaufende Gestalt. Sie ist 7 mm lang und hat eine grünlich gelbe Oberfläche, an der Ventralseite ist sie mit einer seichten Längsfurche versehen.

Ueber die Anatomie von Frucht und Samen ist folgendes zu bemerken. Durch einen medianen Längsschnitt, der durch die Mitte der Ventral- und Dorsalseite geht, lässt sich die Fruchtschale in zwei spiegelbildähnliche Teile zerlegen, nicht aber durch einen solchen durch die Lateralseiten. Die Fruchtschale ist nämlich nicht an allen Seiten der Frucht gleich stark ausgebildet.

An der Dorsalseite setzt sie sich zusammen aus der Epidermis, einem mehrschichtigen Parenchymgewebe und einem daran anschliessenden mehrschichtigen sklerosierten Gewebe. Die Epidermis zeigt in der Flächenansicht polygonale, in der Fruchtlängsachse stark gestreckte Zellen. Die stärker verdickten Aussenwände derselben bestehen mit Ausnahme der ihnen aufgelagerten dicken Kutikula aus Amyloïdsubstanz; durch Einwirkung von Jod färben sie sich nämlich bläulich. Das nach innen folgende mehrschichtige, Inhaltsreste wie desorganisiertes Plasma und Chlorophyll enthaltende Parenchym setzt sich aus dünnwandigen, grosslumigen Zellen zusammen, die grössere Interzellularräume zwischen sich nehmen. Dieses Gewebe ist in der trockenen Frucht stark collabiert, in ihm verläuft auch das dorsale Gefässbündel. An das Parenchymgewebe schliesst sich zunächst eine Zellschicht an, deren Parenchymzellen mit dicken getüpfelten und verholzten Wandungen versehen sind. An diese Zellen lagert sich schliesslich die innerste Zelllage des Perikarps an. Ihre stark in der Richtung der Fruchtlängsachse gestreckten Zellen besitzen dicke schwach undulierte Wände, die verholzt und getüpfelt sind.

Nach der Ventralseite hin wird die Struktur der Fruchtschale successive eine andere. An der Ventralseite selbst besteht die ganze Fruchtschale nur aus fünf Zellschichten. Die Epidermiszellen sind hier englumig und stark in der Fruchtlängsachse gestreckt. Ihre stark verdickten Wände geben hier nicht Amyloïd- bezw. Zellulosereaktion, sondern Holzreaktion. Nach innen folgt kein dünnwandiges Parenchymgewebe, sondern drei aus sklerosierten, englumigen fast isodiametrischen Zellen zusammengesetzte Schichten, die dann folgende innerste Zellschicht des Perikarps besteht wie an der Dorsalseite aus

stark in der Richtung der Fruchtlängsachse gestreckter Zellen, die dicke, verholzte, getüpfelte und schwach undulierte Wände besitzen. Zu bemerken ist noch, dass das Gefässbündel der Ventralseite nicht mehr vorhanden ist, an der Stelle aber, wo es im Fruchtknoten verlief, zeigt sich an der Fruchtoberfläche eine seichte Furche.

Zu erwähnen ist schliesslich noch, dass an der Dorsalseite der Frucht sich auch Spaltöffnungen befinden. Diese sind in der Richtung der Fruchtlängsachse orientiert und von zwei mehr oder weniger sichelförmig gebogenen parallel zum Spalte gelegenen Nebenzellen umgeben. Sonst fehlen die Spaltöffnungen.

Die Fruchtschale birgt in ihrem Inneren je einen geraden Samen. Dieser füllt jedoch den Innenraum der Frucht nur etwa zweidrittel aus und lässt zwischen sich und der Fruchtschale einen mit Luft erfüllten Raum. Der Same ist nur an seinem Funikularende mit seinem jetzt verlängerten Nabelstrange am Grunde des Perikarps befestigt.

Die Testa des Samens ist dünn und besteht aus einer einzigen dünnwandigen Zellschicht, die am reifen Samen zusammengedrückt ist. Die Zellen sind tafelförmig, in der Samenlängsachse gestreckt und besitzen verkorkte Wände. Dieser Zellschichte lagert sich eine Kutikula an, und dieser der Nährgeweberest, ein stark obliteriertes Gewebe, in dem sich Plasma- und Stärkereste befinden. Das Raphegefässbündel ist im reifen Samen auch noch vorhanden.

Der gerade, walzenförmige Embryo ist 4 mm lang und 1 mm breit, an dem Radikularende abgestumpft, nach der Spitze hin verjüngt er sich. Die Entwicklung desselben ist von Hofmeister eingehend beschrieben worden. Bei weitem der grösste Teil des Embryos, etwa $^4/_5$, wird von dem walzenförmigen Kotyledon eingenommen. Nahe über dem Wurzelende findet sich die sehr undeutliche und meist schwer zu findende Kotyledonarspalte. Unter dieser liegt im Kotyledon eingeschlossen die Plumula; an dieser erkennt man auf einem medianen Längsschnitte durch den Embryo die Anlage des ersten Laubblattes und zuweilen den sehr kleinen Primordialhöcker des zweiten Blattes.

Das Parenchymgewebe des Embryos enthält viel Stärke und fettes Oel, die einzelnen Zellen auf dem Querschnitte nehmen dreieckige Interzellularräume zwischen sich.

Triglochin maritima L.

Vergleichshalber wurden auch die Früchte von Triglochin maritima untersucht; diese bestehen aus sechs fertilen Karpellen. Die einzelnen Teilfrüchte sind länglich und dreikantig; ihr Querschnitt ist ungefähr dreieckig. Auch hier ist die Fruchtschale stark einseitig

ausgebildet. Und zwar ist ebenfalls die nach aussen gerichtete (dorsale) Wand am stärksten entwickelt und schwach vorgewölbt. Der stark verdickten Aussenwand der Epidermiszellen ist eine dicke Kutikula aufgelagert, die durch eine wellige Streifung in der Fruchtlängsachse ausgezeichnet ist. Nach innen zu folgt auf die Epidermis ein dünnwandiges Parenchym, dessen Zellen als Inhalt desorganisiertes Plasma und Chorophyll enthalten; in ihm verläuft auch das dorsale Gefässbündel. Dann folgen zwei Schichten ziemlich weitlumiger Parenchymzellen, die verholzt und getüpfelt sind. Die innerste Schichte des Perikarps wird schliesslich aus in der Fruchtlängsachse stark gestreckten verdickten und verholzten Zellen mit undulierten Wänden gebildet.

An den beiden Kanten der Dorsalseite befindet sich kein dünnwandiges Parenchymgewebe, hier treten vielmehr weitlumige sklerosierte Elemente bis an die Epidermis vor. Die in einem spitzen Winkel zusammenlaufenden Lateralwände des Perikarps sind flach, sie setzen sich aus der Epidermis und einigen Schichten sklerosierter Zellen zusammen. Im übrigen zeigt die Frucht die gleichen Verhältnisse, wie die von Triglochin palustris.

Die Ablösung der nussartigen Teilfrüchte von Triglochin palustris L. beginnt erst mit der Reife und zwar in der Richtung von unten nach oben. Zuerst lösen sich die fadenförmigen starren Basalteile derselben ab, so dass sie als Haken zur Verbreitung der Früchte durch Tiere dienen können.*) Gelangen die Teilfrüchte ins Wasser, so schwimmen sie infolge ihres niedrigen spezifischen Gewichtes und ihres Luft enthaltenden Gewebes lange, ja meist bis zum Beginn der Keimung auf dem Wasserspiegel und können also auf diese Weise eine weite Verbreitung finden.

*) Viel vollständiger ist die Häkeleinrichtung bei anderen Triglochin-Arten, wie Triglochin calcitrapa, centrocarpa und mucronata, bei welchen die Basis der Teilfrüchte in förmliche Sporne übergeht. (s. Buchenau, Scheuchzeriaceae, in Pflanzenreich H. 16, 1903, p. 6 sq.)

Ueber die Keimung von Triglochin finden sich schon bei Buchenau (l. c. p. 490) Aufzeichnungen. Nach meinen Beobachtungen, die mit denen Buchenaus übereinstimmen, geht die Keimung folgendermassen vor sich. Die im trockenen Raume überwinterten und dann auf Wasser ausgestreuten Früchte keimten schnell und regelmässig und zwar schon nach vier Tagen; ein Beweis dafür, dass Trockenheit während der Samenruhe die Keimfähigkeit der Samen nicht aufhebt, nicht einmal ihre Auskeimung verzögert. Bei Eintritt der Keimung sinkt die Frucht zu Boden, sobald aber der Keimling die Fruchtschale abgeworfen hat, tritt er oft wieder an die Wasseroberfläche und treibt dort solange herum, bis er an einen für sein Fortkommen günstigen Ort gespült wird.

Ich komme jetzt auf den eigentlichen Keimungsvorgang näher zu sprechen. Nach Quellung der Fruchtschale und Streckung des Kotyledons durchbricht das Wurzelende die Basis der Fruchtschale. Die sogleich dem Boden sich zuwendende Wurzel schwillt an der Uebergangsstelle in das Hypokotyl an und entwickelt auf dem ringförmigen Wulste einen dichten Kranz von langen Wurzelhaaren. Während das Wurzelende erdwärts biegt, streckt sich der Kotyledon allmählich bogenförmig nach oben. Dicht über dem Trichomkranze erscheint dann in der schmalen Keimblattspalte das erste Laubblatt. Dieses entwickelt sich sehr schnell, es übertrifft schon nach vier Tagen den Kotyledon an Länge. Nach einiger Zeit schiebt sich nun auch nahe an der Basis des ersten Blattes die Spitze des zweiten Laubblattes hervor. Während auch die Hauptwurzel sich weiter entwickelt hat, tritt auch bald dicht unter den Laubblättern am Wurzelhalse der Vegetationskegel der ersten Nebenwurzel hervor. Darauf tritt auch das dritte Blatt auf und mit ihm die Vegetationsspitze der zweiten Nebenwurzel. Mit der geförderten Entwicklung der Nebenwurzeln stellt die Hauptwurzel ihr Wachstum ein, doch bleibt ihr Stummel, insbesondere der angeschwollene Teil noch längere Zeit erhalten.

Oft trägt der Kotyledon lange die Fruchtschale auf seiner emporgerichteten Spitze, wird sie aber durch mechanische Einwirkungen früh abgeworfen, so zeigt die Kotyledonarspitze eine spiralige Drehung. Nach Abwerfen der Fruchtschale dient das ergrünte Keimblatt als Assimilationsorgan, stirbt dann aber bald ab.

Scheuchzeria palustris L.

Die Frucht von Scheuchzeria besteht aus drei balgfruchtartigen Teilfrüchten, die nur am Grunde verwachsen sind. Die aufgeblasenen Teilfrüchte sind aus einem oberständigen Fruchtknoten hervorgegangen, sie entlassen zwei eingeschlossene Samen durch Aufspringen der Fruchtschale an der Bauchseite. Die Samen sind aus anatropen Samenanlagen hervorgegangen. In jedem Fruchtknotenfache sind zwei collaterale Samenanlagen vorhanden, die am Grunde der Rückennaht angeheftet sind. Diese besitzen zwei Integumente und ein deutliches Gefässbündel.

Der eiförmige Same ist 4 mm lang und 1,8 mm breit und besitzt im reifen Zustande eine hell- bis dunkelbraune glänzende Schale. Die Raphe ist noch deutlich sichtbar, ebenso der Nabel als kleiner weisser Punkt. Da ein Nährgewebe nicht ausgebildet ist, umgibt die dicke und harte Samenschale unmittelbar den grossen Embryo. Dieser füllt aber nicht den ganzen Innenraum des Samens aus, sondern lässt im oberen Teil des Samens zwischen sich und der Testa einen lufterfüllten Raum; der grünliche Embryo ist walzenförmig und 2,1 mm lang und 1 mm breit. Der grosse stark ausgebildete Kotyledon macht $^4/_5$ des ganzen Embryos aus; unter der Kotyledonarspalte liegt im Kotyledon eingeschlossen die Plumula, an welcher man auf einem Längsschnitte die Anfänge des ersten und zweiten Laubblattes erkennt.

Ueber die Anatomie der Samenschale, auf die ich jetzt des näheren zu sprechen komme, finden sich bereits bei Kölpin-Ravn (l. c. p. 158) kurze Angaben. Ich fand bei der anatomischen Untersuchung des Samens bezw. der Samenschale folgende Verhältnisse vor. Die Testa setzt sich aus zwei verschiedenartigen Geweben zusammen, einem äusseren

sklerosierten und luftführenden und einem inneren dünnwandigen. Das sklerosierte Gewebe ist aus dem äusseren Integumente hervorgegangen und nimmt fast die ganze Dicke der Testa ein. Dasselbe besteht aus einer besonders stark sklerosierten Epidermis. Die Zellen derselben sind in der Flächenansicht vielseitig und in der Richtung zur Samenlängsachse lang gestreckt. Sämtliche Wände sind stark verdickt, sodass auf dem Querschnitte nur ein kleines kreisrundes Lumen sichtbar ist. Die verdickten Wände weisen deutliche Schichtung auf und werden von zahlreichen unverzweigten Tüpfelkanälen durchzogen, die sich oft hofartig erweitern. Der übrige Teil des sklerosierten Gewebes wird von einem reichlich entwickelten und inhaltslosen Parenchym gebildet, dessen rundliche und ziemlich weitläufige Zellen, zahlreiche kleinere Interzellularräume zwischen nehmen und dessen Zellwände ziemlich stark verdickt, verholzt und getüpfelt sind.

Der innere Teil der Testa ist aus dem inneren Integumente hervorgegangen und besteht, wie schon gesagt wurde, aus einem sehr dünnwandigen, im reifen Samen zusammengedrücktem Parenchym. Dieses ist von der äusseren Samenschale durch eine Kutikula getrennt. Der Testa ist nach innen noch ein aus collabiertem Gewebe bestehender geringer Nährgeweberest angelagert, in dem sich Plasmareste vorfinden. Die Zellwände dieses Nährgeweberestes bestehen, wie auch die des Embryos, aus Amyloïdsubstanz; sie färben sich nämlich mit Jodlösung schwach blau, im gebleichten Zustande sogar schön hellblau.

Das Parenchymgewebe des Embryos, dessen Wände netzartige Tüpfelung aufweisen, ist mit Plasma und Stärkekörnern vollgepfropft; seine Zellen nehmen kleine Interzellularräume zwischen sich.

Da mir zur Untersuchung leider nur Herbariummaterial zur Verfügung stand, musste ich mich auf die morphologische und anatomische Beschreibung des Samens beschränken. Bemerken möchte ich noch, dass die Keimung von Scheuchzeria, wie auch die weitere Entwicklung des Keimlings von Warming (Botanisk Tidsskrift 3 ser. 1870, I, p. 100) eingehend beschrieben und abgebildet ist. Auch finden sich bei Buchenau (l. c. Engl. Jahrb. p. 503) Aufzeichnungen über die Keimung.

Araceen.

Aus dieser Familie wurde die an sumpfigen Standorten vorkommende Calla palustris L. untersucht und vergleichshalber Arum maculatum L., eine an schattigen Orten wachsende Art. Die wichtigste diesbezügliche Literatur ist folgende.

Kölpin-Ravn, Om Flydeevnen hos Froëne af vore Vand- og Sumpplanter, in Botanisk Tidsskrift Bd. 19, S. 2. 1894, p. 158.

Marloth, Ueber mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von aussen, in Englers Jahrb. Bd. IV, 1883. p. 240.

Calla palustris L.

Die aus einem oberständigen einfächerigen kurz eiförmigen Fruchtknoten hervorgegangene Frucht von Calla ist eine rote Beere. Sie enthält 6–9 glänzende dunkelbraune längliche Samen, die 0,4 cm lang und 0,12 cm breit sind. Die Oberfläche der Samen ist am unteren, der Chalaza benachbarten Teile mit kleinen grübchenartigen Vertiefungen versehen, am oberen schwach längsgestreift. Auf der einen Schmalseite verläuft die Raphe in Form einer schmalen Leiste bis zur Chalaza. Die dicke Samenschale umgibt das Nährgewebe, in dessen Inneren der keulenförmige 0,22 cm lange Embryo eingebettet ist.

Die Samen sind aus länglichen am Grunde des Fruchtknotenfaches angehefteten anatropen und zugleich apotropen mit kurzem Funikulus versehenen Samenanlagen hervorgegangen. Letztere besitzen zwei Integumente, die am Mikropyleende keulenförmig angeschwollen sind. Das äussere Integument besteht zur Zeit der Befruchtung aus drei, das innere aus zwei Zellschichten. Die Zellen beider Integumente sind quer zur Richtung der Samenanlage gesteckt.

Um die Struktur der Testa, auf die ich jetzt des näheren zu sprechen komme, leichter zu erfassen, ist es nötig, ihre Entwicklung zu verfolgen. Bald nach der Befruchtung beginnen die quer zur Richtung der Längsachse der Samenanlage orientierten Zellen des äusseren Integumentes mit Ausnahme der Epidermiszellen sich lebhaft zu teilen; es entsteht bald ein kleinzelliges Parenchymgewebe, dessen Zellen wie auch die Epidermiszellen Stärke führen. Nur einige Zellen der direkt unter der Epidermis liegenden Schicht teilen sich nicht, sondern nehmen sogar noch an Grösse zu. Auch diese sind zunächst noch mit Plasma und vereinzelten Stärkekörnern angefüllt. Bald treten in ihnen jedoch Raphidenschläuche auf, die noch zunächst im Plasma eingebettet sind. Auch in der Mikropylegegend des äusseren Integumentes geht in einem Komplexe parenchymatischer Zellen die Bildung von Raphiden-

schläuchen vor sich. Die Zellen des inneren Integumentes, die durch eine starke Kutikula von denen des äusseren Integumentes abgegrenzt sind, haben sich nicht weiter differenziert, es sind immer noch zwei Schichten, deren quergestreckten Zellen Stärke führen. Bei der weiteren Entwickelung der Samenanlagen wird durch das stark heranwachsende Endosperm das innere Integument zusammengedrückt und schliesslich ganz collabiert. In den die Raphidenschläuche enthaltenden grossen Zellen des äusseren Integumentes verschwindet nach und nach das Plasma gänzlich und es bleiben nur die Raphidenbündel übrig, die aber nicht das ganze Lumen der Zellen einnehmen, der grössere Teil derselben enthält nämlich Luft. Aus dem übrigen parenchymatischen Gewebe des äusseren Integumentes (mit Ausnahme der Epidermis) verschwindet zuletzt auch der Inhalt.

Im reifen Samen setzt sich die Testa folgendermassen zusammen. Nach aussen wird die Samenschale durch eine Epidermis abgegrenzt, deren dünnwandige in der Flächenansicht polygonale Zellen ziemlich zusammen gesunken sind und Plasmareste enthalten. Auf sie folgt ein vielzelliges lockeres schwach verholztes inhaltsloses Parenchymgewebe. In diesem befinden sich direkt unter der Epidermis die schon oben beschriebenen zahlreichen ellipsoïdischen Lufthöhlen, in denen sich Raphidenschläuche befinden. Dadurch dass am trockenen Samen die collabierten Epidermiszellen, welche über den mit Luft und Raphidenschläuchen erfüllten Zellen gelegen sind, eingesunken sind, entstehen an der Oberfläche des Samens die schon oben erwähnten grübchenartigen Vertiefungen. Bemerkenswert ist noch das Vorkommen von Zellkomplexen an der Mikropylegegend, deren parenchymatischen Zellen vollständig mit Raphiden angefüllt sind. Dem luftführenden aus dem äusseren Integumente hervorgegangenen Gewebe lagert sich nach innen eine dicke Kutikula und dann der Rest des inneren Integumentes an. Letzterer stellt ein stark collabiertes Gewebe dar. Nur an der Mikropyle- und Galazagegend sind noch die zwei ursprünglichen Zellschichten des inneren Integumentes zu erkennen.

Die Testa birgt in ihrem Innern ein stark entwickeltes, aus dünnwandigem parenchymatischen Gewebe zusammengesetztes Nährgewebe, dessen Zellen mit Plasma und Stärkekörnern vollgepfropft sind. Nur die innersten an den Embryo anstossenden zwei bis drei Zellschichten des Endosperms sind zu einem Quellgewebe umgebildet; sie sind collabiert und enthalten keinen Inhalt, schmiegen sich aber bei Wasserzutritt dem Embryo dicht an

Im Nährgewebe liegt der Embryo, an dem eine deutliche Wurzelspitze und an seiner unteren Hälfte eine deutliche Kotyledonarspalte zu erkennen ist. Das nach der Spitze hin sich verjüngende Keimblatt nimmt annähernd zweidrittel der ganzen Länge des Embryos ein. Bemerkenswert ist noch, dass sich im Hypokotyl und besonders im Wurzelende des Embryos zahlreiche grössere parenchymatische Zellen vor-

finden, welche Raphidenschläuche führen. Im übrigen enthält das dünnwandige Parenchym des Embryos die gleichen Reservestoffe wie das Nährgewebe.

Arum maculatum L.

Die Frucht von Arum ist gleichfalls eine rote Beere, die in ihrem Inneren meist sechs weiss-gelbliche, kugelige bis eiförmige, am Grunde mit kurzer fleischiger Anschwellung versehene 0,5 cm lange Samen birgt. Diese sind aus orthotropen mit kurzem Funikulus und zwei Integumenten versehenen Samenanlagen hervorgegangen. Die Testa setzt sich hier folgendermassen zusammen. Die zusammengesunkenen Epidermiszellen besitzen durch Zelluloseanlagerung stark verdickte Aussenwände, dünne Seiten- und Innenwände, und enthalten Plasmareste. Unter der Epidermis liegt ein kollabiertes, mehrschichtiges, verkorktes und dünnwandiges Parenchymgewebe, dessen Zellen neben Plasmaresten auch vereinzelt Raphidenschläuche enthalten. Diesem Gewebe lagert sich nach innen der Rest des inneren Integumentes in Gestalt einer stark kollabierten Schichte an.

Die Testa umschliesst ein Nährgewebe von grosser Mächtigkeit. Die Epidermiszellen des letzteren sind durch geschichtete Zelluloseanlagerungen sehr stark verdickt und zwar besitzen die Aussenwände eine Dicke von 30—35 μ, die Seitenwände eine solche von 15 μ. Sie enthalten vorwiegend Plasma. Die übrigen ziemlich dünnwandigen parenchymatischen Zellen des Nährgewebes führen vornehmlich Stärke als Inhalt. Im Endosperm liegt exzentrisch der gerade 0,2 cm lange Embryo, dessen Parenchym Aleuron und Oel gespeichert enthält. Besonders erwähnenswert ist noch, dass Raphidenschläuche hier nicht angetroffen werden.

Ueber die Ueberwinterung und Keimung der Samen von Calla palustris ist folgendes anzuführen. Die reife Beere löst sich durch Verschleimung der Basis von ihrem Stiele los und schwimmt falls sie ins Wasser gelangt

auf der Oberfläche desselben. Die durch Fäulnis des Perikarps in Freiheit gesetzten Samen schwimmen sehr lange auf dem Wasserspiegel. Erst nachdem durch Einwirkung von Atmosphärilien, Frost und Ansiedelung von Algen auf der Samenoberfläche letztere für Wasser durchlässig geworden ist, dringt Wasser in die Lufthöhlen und das übrige inhaltslose Gewebe der Testa ein und es sinken infolge davon die Samen früher oder später zu Boden, wo sie im Schlamme ihre Samenruhe durchmachen.

Die Verbreitung der Samen erfolgt hauptsächlich durch Schwimmen; ausserdem mögen sich an derselben, namentlich soweit grössere Gebiete in Betracht kommen, auch Wasservögel beteiligen, an deren Gefieder die anfangs in eine sehr klebrige Schleimmasse der Fruchtwand eingehüllten Samen sehr leicht haften bleiben und so auf weitere Strecken verschleppt werden.

Was die Einrichtungen betrifft, die zum Schwimmen dienen, so kommt als solche besonders der Luftgehalt der Testa in Betracht. Als Schwimmgewebe funktionieren sowohl die grossen zahlreichen mit Luft erfüllten und auch Raphidenschläuche enthaltenden Zellen, welche direkt unter der Epidermis liegen, wie schon Marloth (l. c. p. 240) hervorhebt, als auch das übrige aus dem äusseren Integumente hervorgegangene Gewebe der Testa.

Als Einrichtungen, die zum Schutze des Embryos dienen, sind besonders die in der Testa befindlichen Mengen von Raphidenschläuchen zu nennen, die als Schutzmittel gegen Tierfrass angesehen werden können. Ebenso schützt der Reichtum des Embryos an Raphiden diesen bei seinem ersten Austritte aus der Samenschale gegen Nachstellung kleiner Wassertiere.

Die Keimung selbst vollzieht sich in gleicher Weise wie bei den übrigen Monotokylen mit Nährgewebe (cf. Irideen) und bietet nichts erwähnenswertes.

Liliaceen.

Aus dieser Familie wurde das in Torfmooren wachsende Narthecium ossifragum Huds. untersucht und vergleichshalber das trockene Standorte bevorzugende Muscari comosum Miller. Die wichtigste diesbezügliche Literatur ist folgende.

Baillon, Histoire des Plantes, 1888, T. XII, p. 470.

Buchenau, Zur Naturgeschichte von Narthecium ossifragum Huds. in Bot. Ztg 1866, p. 349.

Narthecium ossifragum Huds.

Die aus einem oberständigen Fruchtknoten hervorgegangene Frucht von Narthecium ist eine dreifächerige stumpf dreiseitige Kapsel, die sich lokulizid öffnet. In jedem Kapselfache befinden sich zahlreiche aufrecht stehende im unteren Teile der Kapsel befestigte Samen, die aus langgestreckten, linealen und anatropen Samenanlagen sich gebildet haben. Letztere besitzen zwei Integumente, von denen das äussere das innere, welches abgesehen von der Mikropylegegend nur einzellschichtig ist, an Dicke bedeutend übertrifft; dazu kommt, dass das äussere Integument an der Chalaza in einen langen schmalen Fortsatz ausgezogen ist und an der Mikropyle weit über das innere Integument hinausragt. Die Epidermiszellen des äusseren Integumentes sind stark in der Richtung der Längsachse der Samenanlage gestreckt. Zu bemerken ist noch, dass in dem kurzen Funikulus erst nach der Befruchtung und Ausbildung des Embryosackes das Gefässbündel auftritt.

Der reife weiss-gelbliche Same besitzt eine fadenförmige Gestalt und zwar ist der äussere Teil der Samenschale an der Basis und Spitze in je einen langen fadenförmigen Fortsatz ausgezogen. Der Same ist 7 mm lang und 4 mm breit. Der äussere häutige Teil der Testa umgibt lose das in der Mitte liegende eng von dem inneren Teil der Testa umschlossene 1,5 mm lange Nährgewebe, in dem in der Mikropylegegend sich der sehr

kleine und zwar nur 380 μ lange und 130 μ breite länglich-eiförmige Embryo befindet, an welchem kurz unter seiner Spitze eine nur undeutliche Kotyledonarspalte bemerkbar ist.

Was den anatomischen Bau der Testa anlangt, so setzt sich dieselbe folgendermassen zusammen. Das äussere, aus dem äusseren Integument hervorgegangene Gewebe wird zum grössten Teile aus zwei Schichten gebildet, deren Zellen verholzt sind. Die Epidermiszellen sind sehr stark in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt und durchschnittlich 400—450 μ lang. Ihr Querschnitt ist elliptisch, ihre Wände sind schwach verdickt und die quer zur Samenlängsachse verlaufenden kurzen Seitenwände sind mit wenigen Tüpfeln versehen. Es folgen dann eine, seltener zwei Schichten ebenfalls stark zur Richtung der Samenlängsachse gestreckte dünnwandige Zellen. Nur in der Umgebung des Rapheleitbündels ist dieses Gewebe mehrschichtig.

Eine dicke braun gefärbte Kutikula, die an ihrer Innenseite leistenartige Vorsprünge zeigt, grenzt das äussere Gewebe der Testa von dem inneren ab. Letzteres liegt dem Nährgewebe eng an und ist aus dem inneren Integumente hervorgegangen und setzt sich aus zwei Zellschichten zusammen. Die Zellen dieser Schichten sind stark in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt, nur am Chalaza- und Mikropyleende sind sie kürzer. Ihre verdickten Zellwände bestehen aus Zellulose und sind hellgelb gefärbt. Zu bemerken ist noch, dass sämtliche Zellen der Testa einen Inhalt nicht besitzen. Zwischen Testa und Nährgewebe liegt eine Kutikula, die an ihrer Aussenseite leistenartige Vorsprünge aufweist.

Das Nährgewebe, wie auch der Embryo, besteht aus Parenchymgewebe, dessen dünnwandigen Zellen reichliche Mengen von Fett und Eiweiss enthalten.

Da mir zur Untersuchung leider nur Herbariummaterial zur Verfügung stand, musste ich mich auf die morphologische und anatomische Beschreibung des Samens beschränken. Die Keimung hat, wie beigefügt sein mag, bereits Buchenau (l. c. p. 349) eingehend beobachtet und beschrieben. Es finden sich dortselbst auch die Abbildungen vom eben keimenden Samen bis zur beblätterten Pflanze.

Muscari comosum Miller.

Vergleichshalber wurde auch die auf trockenen Sandfeldern wachsende Muscari zur Untersuchung herangezogen. Die morphologische und anatomische Beschaffen-

heit ihrer Samen ist eine wesentlich andere, wie die der Samen von Narthecium. Der rundlich eiförmige Same besitzt eine schwarze furchige Oberfläche und ist von einer kleinen Spitze gekrönt. An seiner Basis ist der Hilus als kleiner weisser Punkt bemerkbar; ebenfalls tritt die Raphe als brauner Streifen hervor.

Die anatomischen Verhältnisse sind folgende. Die im reifen Samen ziemlich zusammengedrückte Testa wird von aussen von einer Epidermis begrenzt, deren in der Flächenansicht polygonalen Zellen wenig in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt sind. Die Aussenwände dieser Zellen sind stark verdickt und verkorkt und durch Einlagerung von Farbstoff schwarz gefärbt. Auf die Epidermis folgt ein acht bis zehnschichtiges, ziemlich collabiertes und dunkelbraun gefärbtes Parenchymgewebe, dessen dünnwandige Zellen schwach verkorkt sind und wenig Plasmareste und Oel enthalten. Diesem Gewebe lagert sich nach innen der Rest des inneren Integumentes an, der aus sehr stark collabierten Zellschichten besteht, die gegen das Nährgewebe durch eine Kutikula abgegrenzt sind.

Das stark entwickelte Nährgewebe gleicht in seiner Struktur sehr dem Nährgewebe der Irideen. Es setzt sich aus parenchymatischen Zellen zusammen, deren stark verdickten Wände von grossen und zahlreichen Tüpfeln durchsetzt sind. Die Primärlamellen der Zellwände bestehen aus Zellulose, die sekundären Verdickungsmembranen dagegen aus Amyloidsubstanz, letztere färben sich nämlich schon mit Jod violett. In den Zellen des Endosperms sind reichliche Mengen von Aleuron und fettem Oel aufgespeichert. Das dünnwandige Parenchymgewebe enthält die gleichen Reservestoffe, wie das Endosperm.

Irideen.

Aus dieser Familie wurden die in Gräben und Sümpfen wachsenden Iris Pseud-Acorus L. und Iris sibirica L. untersucht. Vergleichshalber wurden noch drei an trockenen felsigen Orten vorkommende Arten, nämlich Iris pallida Lam., Iris bohemica Schmidt und Iris ensata Thunb. zur Untersuchung herangezogen. Die wichtigste Literatur über die Samen der genannten Arten ist folgende:

Brandza, M. Dévellopement des téguments de la graine, in Revue générale de Botanique, Paris, 1891, p. 24.

Kölpin-Ravn, F. Om Flydeevnen hos Froëne of vore Vand- og Sumpplanter, in Botanisk Tidsskrift, Bd. 19. H. 2, p. 171.

Irideen, in Engler und Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, Bd. II, Abt. 5, p. 137.

Iris Pseud-Acorus L. und Iris sibirica L.

Die aus einem unterständigen dreifächerigen Fruchtknoten hervorgegangene Frucht von Iris ist eine lokulizid aufspringende Kapsel. Diese besitzt drei scharfe mehr oder weniger abgerundete Kanten und lederartige Wandungen und enthält viele ursprünglich rundliche durch gegenseitigen Druck dann abgeflachte Samen. Letztere haben eine helle bis dunkelbraune glänzende Oberfläche und besitzen ungefähr die Gestalt einer kreisrunden Scheibe, die einen Durchmesser von 0,8 cm hat und 0,25 cm dick ist; am Samen ist noch die ursprüngliche Anheftungsstelle, der Nabel, am Rande als ein etwas heller gefärbtes Höckerchen deutlich sichtbar. Nach innen von der Samenschale befindet sich ein stark entwickeltes horniges Nährgewebe, in dem etwas exzentrisch in der Mikropylegegend der 0,3 cm lange gerade mit undeutlicher Kotyledonarspalte versehene Embryo liegt.

Bemerkt sei hierzu noch, dass im reifen Samen, der längere Zeit trocken gelegen hat, das harte hornige Endosperm nicht den ganzen Innenraum des Samens einnimmt, sondern zwischen sich und der Testa einen mit Luft erfüllten Raum lässt.

Die zahlreichen Samenanlagen sind anatrop und in jedem Fruchtknotenfache in zwei Reihen angeordnet. Sie besitzen einen kurzen Funikulus mit deutlichem Gefässbündel und zwei Integumente, von denen das äussere mit seinen sieben Zellschichten das innere bedeutend an Mächtigkeit übertrifft. Das letztere besteht nämlich aus zwei Zellschichten, nur an der Mikropyle, wo es mit seinen wulstigen Rändern das äussere Integument überragt, ist es reicher schichtig.

Ueber die Anatomie des Samens bezw. der Samenschale finden sich bereits bei Brandza (l. c. p. 24) einige Angaben. Meine Untersuchungen haben folgendes ergeben. Die Samenschale besteht aus

zwei verschiedenartigen Geweben, einem stark entwickelten äusseren, schwach sklerosierten und grösstenteils luftführenden, und aus einem inneren dünnwandigen collabierten. Das erstere beginnt mit einer niederen Epidermis, deren Zellen stark verdickte und verkorkte Aussen- und Innenwände besitzen, während die Seitenwände dünner, im übrigen auch schwach verkorkt sind. Das ganze Lumen dieser in der Flächenansicht gross polygonalen, in der Richtung der Samenlängsachse gestreckten Zellen, ist durch gerbstoffartige Substanz angefüllt. Unter der Epidermis liegen vier bis fünf Schichten inhaltslose Parenchymzellen, deren Wände dick und schwach verholzt sind und wenige ziemlich grosse Tüpfel aufweisen. Nur einige grössere von diesen Zellen besitzen einen braunen Inhalt, nämlich Gerbstoff. Der äussere aus dem äusseren Integumente hervorgegangene Teil der Samenschale ist gegen den inneren durch eine Zellschichte abgegrenzt, deren parenchymatische Zellen durchweg mit braunem Plasma und Oel angefüllt, weniger dickwandig und nicht getüpfelt sind. Dieser Zellschichte lagert sich nach innen eine Kutikula an.

Der innere Teil der Samenschale besteht wie schon gesagt wurde, aus einem dünnwandigen im reifen Samen zusammengedrückten Gewebe und gleicht einem dünnen Häutchen. Durch Quellungsmittel wie Kalilauge sind noch die Konturen der zwei Zellschichten sichtbar zu machen, und zwar sind die Zellen in der Flächenansicht gross polygonal und mehr oder weniger in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt.

Das nun nach innen folgende Nährgewebe besteht aus Parenchymzellen, deren stark verdickte und grosse Tüpfel aufweisenden Wände deutlich geschichtet sind. Die Primärlamellen dieser Zellwände bestehen aus Zellulose, die sekundären Verdickungsmembranen dagegen aus Amyloïdsubstanz; letztere färben sich nämlich schon mit Jod blauviolett. Als Inhalt besitzen die Endospermzellen ebenso wie das parenchymatische Gewebe des Embryos Aleuron und fettes Oel.

Zu bemerken ist noch, dass die Samen der gleichfalls an feuchten Standorten wachsenden Iris sibirica in anatomischer Hinsicht keine erwähnenswerten Verschiedenheiten aufweisen.

Vergleichshalber wurden noch die Samen von Iris pallida, Iris bohemica und Iris ensata, welche an trockenen Standorten wachsen, zur Untersuchung herangezogen. Bei diesen Arten liegt die Testa im trockenen Samen dem Endosperm dicht an; es ist also kein lufterfüllter Raum zwischen Samenschale und Nährgewebe vorhanden, im Gegensatz zu Iris Pseud-Acorus und sibirica. Ausser-

dem ist bei den drei xerophilen Arten ein luftführendes Gewebe im äusseren Teile der Testa nicht vorhanden, vielmehr sind alle parenchymatischen Zellen des äusseren Teiles der Samenschale dicht mit Gerbstoff oder Plasma und fettem Oel angefüllt. Dies ist auch wohl der Grund, dass diese Samen kein Schwimmvermögen besitzen und sogleich im Wasser untersinken.

Andere anatomische Unterschiede als die angeführten, sind nicht vorhanden.

Die an langen Infloreszenzachsen befindlichen Kapseln von Iris Pseud-Acorus öffnen sich lokulizid. In erster Linie streut dann der Wind die zahlreichen Samen aus. Die weitere Verbreitung der Samen erfolgt hauptsächlich durch Schwimmen. Was die Einrichtungen betrifft, die zum Schwimmen dienen, so kommt als solche besonders, wie auch schon Kölpin (l. c. p. 171) hervorhebt, der Luftgehalt der Testa in Betracht, der bedingt, dass die Samen spezifisch leichter sind als Wasser. Unterstützt und verlängert wird die Schwimmfähigkeit auf jeden Fall durch die flache scheibenförmige Gestalt des Samens, die eine erhebliche Vergrösserung der Samenoberfläche und der Berührungsfläche mit dem Wasser ohne beträchtliche Gewichtsvermehrung veranlasst. Weiter ist auch für das Schwimmen der Samen als vorteilhaft zu erwähnen, ihre stark kutinisierte und daher schwer benetzbare Oberfläche. Letztere Einrichtung ist jedoch weniger wesentlich, da die Samen nach Entfernung der glatten Kutikula ebensogut schwimmen wie vorher. Der in der anatomischen Beschreibung des Samens erwähnte Luftraum zwischen Samenschale und Nährgewebe bei Trockenheit, kommt in Wirklichkeit als Schwimmapparat nicht in Betracht, da die in der freien Natur angetroffenen Samen denselben infolge ihrer geringen Austrocknung nicht besitzen.

Bedingt durch den hohen Luftgehalt der Testa und die schwierige Benetzbarkeit der Samenoberfläche schwimmen die Samen sehr lange auf der Oberfläche des Wassers

und können so durch die auf dieselbe einfallenden Winde weiter fortgetrieben werden. Durch die Einwirkung von Frost und schliesslich von Algen und anderen niederen Organismen, die sich auf der Samenoberfläche ansiedeln, wird letztere für Wasser durchlässig und es sinken infolge davon die Samen früher oder später zu Boden. Während der langen Dauer des Umherschwimmens sind die Samen vielen Gefahren ausgesetzt und bedürfen daher eines starken Schutzes für den Keimling und das Nährgewebe. Dieses gewährt auch in hinreichendem Mafse die Testa und besonders die dickwandigen mit Gerbstoff angefüllten Epidermiszellen derselben. Ein solcher Schutzmantel genügt vollständig, um den Samen während der langen Samenruhe vor Fäulnis, Nachstellung kleiner Wassertiere und anderen Gefahren zu schützen.

Die Samen beginnen im April des folgenden Jahres zu keimen. Durch Streckung des hypokotylen Gliedes durchbricht die Wurzel die Testa am Mikropyleende. Das mit heraustretende Hypokotyl erleidet in der Mitte eine Krümmung, wodurch das Wurzelende dem Erdboden genähert wird und bald in denselben eindringt. Die Wurzel wächst nun stark in die Länge und bedeckt sich an der Uebergangszone in das Hypokotyl, dem Wurzelknoten, mit einem dichten Kranz von Wurzelhaaren. Bald tritt auch aus der Kotyledonarspalte, die sich wenig oberhalb des Wurzelknotens befindet, das erste in der Scheide des Keimblattes eingeschlossene Laubblatt hervor. Die Spitze des Kotyledons bleibt als Saugorgan im Samen und zwar bleibt die Testa solange auf dem Kotyledon sitzen, bis er abstirbt. Das Keimblatt bleibt stets vollkommen walzenförmig und unterscheidet sich dadurch von den Laubblättern, die lanzettliche Gestalt haben. Aus der Scheide des ersten Laubblattes tritt alsbald das zweite Laubblatt und aus der Scheide dieses das dritte hervor.

Zugleich mit dem zweiten Blatte tritt an der Basis des ersten Blattes die erste Adventivwurzel hervor und ihr gegenüber bald die zweite. Mit der Entwicklung der übrigen Blätter entstehen noch weitere Adventivwurzeln,

welche die Hauptwurzel an Länge schnell überholen. Letztere stirbt dann bald ab. Zu bemerken ist noch, dass die Testa mit dem ausgesogenen Nährgewebe relativ lange an der Keimpflanze hängen bleibt, erst nachdem letztere vier Blätter besitzt, wird sie zugleich mit dem absterbenden Keimblatte abgeworfen.

Portulacaceen.

Aus dieser Familie wurde die an feuchten Standorten vorkommende Montia minor Gmelin und die meist submers in Quellen und Bächen wachsende Montia rivularis Gmelin untersucht. Die wichtigste bezügliche Literatur ist folgende:

Lohde, Ueber die Entwicklungsgeschichte und den Bau einiger Samenschalen, in Mittl. aus dem Gesamtgebiete d. Botanik. (Schenk und Luerssen) Leipzig, 1875, p. 43.

Montia minor Gmelin und Montia rivularis Gmelin.

Die Frucht von Montia minor ist eine aus einem oberständigen Fruchtknoten gebildete einfächerige Kapsel, die sich lokulizid öffnet. Jede Kapsel enthält drei Samen, die an einer grundständigen Zentralplacenta sitzen und aus campylotropen Samenanlagen hervorgegangen sind. Letztere besitzen ein deutliches Gefässbündel im Nabelstrang und zwei aus je zwei Zellschichten zusammengesetzte Integumente, von denen das innere aus dem äusseren an der Mikropyle hervorragt. Das äussere Integument wölbt sich an seiner Ursprungsstelle an der Chalazagegend nach aussen vor und lässt hier einen Hohlraum zwischen sich und dem inneren Integumente entstehen, der aber bald durch den heranwachsenden Nucellus verschwindet. Zu bemerken ist noch, dass sich neben der Mikropyle gegenüber am Funikulus zahlreiche Papillen befinden, die zur Leitung des Pollenschlauches dienen.

Die reifen Samen haben nierenförmig-rundliche Gestalt und sind von der Seite her etwas zusammengedrückt. Sie sind 920 μ lang und breit. Ihre schwarze glanzlose Oberfläche erscheint durch regelmässig in Reihen angeordnete Höcker knotig punktiert. Der Hilus ist als weisses Pünktchen deutlich sichtbar. Die Testa ist hart und spröde. Der gekrümmte, pleurorhize und mit schmalen Kotyledonen versehene Embryo liegt der Samenschale dicht an und umschliesst das Nährgewebe. Sein Längsdurchmesser misst 1300 μ, sein Breitendurchmesser 260 μ.

Um die Struktur der Samenschale besser zu erfassen, ist es nötig, auf jüngere Entwickelungsstadien zurückzugehen. Das innere Integument nimmt an den Aufbau der Testa keinen hervorragenden Anteil; es wird durch den Druck des heranwachsenden Embryos bald zusammengedrückt und schliesslich völlig collabiert. Das äussere Integument, welches im wesentlichen die Testa zusammensetzt, besteht an der eben befruchteten Samenanlage aus drei Zellschichten. Die fast isodiametrischen Epidermiszellen sind um ein mehrfaches grösser als die Zellen der beiden anderen Schichten des äusseren Integumentes. In den nun weiter folgenden Entwicklungsstadien erfährt von den Zellschichten des äusseren Integumentes die Epidermis allein eine weitere Differenzierung, das darunter liegende Gewebe obliteriert. In Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 650 μ beginnt die Verdickung der Aussenwand der Epidermiszellen, die rasch fortschreitet. In Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 880 μ schliesslich, d. i. im annähernd reifen Samen, haben die Epidermiszellen ihre endgültige Grösse erreicht und zwar haben sie einen Längs- und Breitendurchmesser von 75 μ. Durch das stärkere Flächenwachstum der Aussenwände haben sich diese bedeutend nach aussen vorgewölbt; die Aussenwände sind jetzt stark verdickt und bereits hellbraun gefärbt. An bestimmten Stellen derselben sind Veränderungen in der Struktur des Membran aufgetreten; auf dem Querschnitte bemerkt man Streifen, welche senkrecht zur Oberfläche des Samens und parallel zu einander verlaufen und die Aussenwand der Epidermis fast in der ganzen Dicke durchziehen. Sie brechen das Licht stärker als die zwischen ihnen liegenden Teile der verdickten Aussenwand. In der Flächenansicht treten die veränderten Stellen in Form von kleinen nicht geschlossenen gewellten Ringen entgegen.

Die Testa des völlig reifen Samens setzt sich nur noch aus den grossen fast isodiametrischen Epidermiszellen, einem collabierten Gewebe und einer Kutikula zusammen. Die Aussenwände der Epidermiszellen sind jetzt so stark verdickt, dass nur ein geringes Lumen übrig bleibt, die veränderten Stellen derselben durch reichliche Einlagerung von Gerb-

stoff tiefbraun gefärbt. Sie sind stark vorgewölbt und besitzen eine mit zahlreichen Höckerchen versehene Kutikula, die dem Samen das glanzlose Aussehen verleiht. Entfernt man durch Bleichen mit Eau de Javelle den eingelagerten Gerbstoff, so färbt sich die gesamte Aussenwand der Epidermiszellen durch Jod und Schwefelsäure schön blau.

Das Innere des Samens besteht aus dem weissen, mehligen Endosperm und dem gelblichen Embryo. Das Endosperm liegt zentral und wird vom hufeisenförmig gebogenen Embryo umschlossen. Das Gewebe des letzteren ist dünnwandiges und kleinzelliges Parenchym, das dicht mit Aleuron und fettem Oel erfüllt ist. Die dem Embryo anliegende Zellschichte des Nährgewebes ist zu einem Quellgewebe umgewandelt, seine Zellen sind inhaltslos und im trockenen Samen collabiert, bei etwas Wasserzutritt quellen sie stark und schmiegen sich dem Embryo dicht an. Im übrigen setzt sich das Nährgewebe aus grossen dünnwandigen Parenchymzellen zusammen, die dicht mit Stärke angefüllt sind, und ausserdem noch fettes Oel enthalten. Die rundlichen Stärkekörner sind sehr klein (1—2 μ) und zu glasigen Massen verbunden, sie erinnern an das Stärkemehl des Pfeffers.

Der Same von Montia rivularis stimmt sowohl in seiner exomorphen wie endomorphen Struktur mit dem von Montia minor fast ganz überein. Es ist nämlich nur die Oberfläche des Samens glänzend, was durch das Fehlen der Kutikularhöcker bewirkt wird.

Die Frucht von Montia minor ist, wie schon oben bemerkt wurde, eine einfächerige Kapsel, die drei an einer grundständigen Placenta sitzende Samen einschliesst. Bei der Reife öffnet sie sich lokulizid und zwar platzen die drei Klappen von der Spitze bis zur Basis auseinander, rollen sich dann nach kurzer Zeit allmählich nach innen ein und fassen unter die Samen, die infolgedessen eng aneinander gepresst werden. Bald ist der Widerstand, den die noch an der Placenta sitzenden Samen dem Druck der sich immer stärker aufrollenden Fruchtklappen entgegensetzen, überwunden, und die Samen werden mit ziemlicher Gewalt $^1/_2$ bis 1 m weit fortgeschleudert. Das Aufrollen der einzelnen Fruchtklappen wird dadurch veranlasst, dass durch das Austrocknen derselben infolge Reifens der Frucht, die Oberflächenspannung der Innenseite der Fruchtklappen eine gerin-

gere wird, als die der Aussenseite und deswegen eine Verkürzung der Innenseite stattfindet, ein Umstand, der ein Krümmen und Zusammenrollen der Fruchtklappe nach innen zur Folge hat. Benetzt man eine aufgerollte Fruchtklappe mit Wasser, so nimmt sie nach kurzer Zeit wieder ihre ursprüngliche Gestalt an.

Gelangen die aus der Kapsel fortgeschleuderten Samen ins Wasser, so schwimmen sie infolge der schweren Benetzbarkeit ihrer Oberfläche eine Zeit lang auf dem Wasser und können so weitere Verbreitung finden. Schliesslich sinken sie zu Boden, wo sie im Schlamme ihre Samenruhe durchmachen, indem die stark verdickte Aussenwand der Epidermiszellen mit ihrer im anatomischen Teile ausführlich beschriebenen Gerbstoffeinlagerung den Embryo vor zu grosser Feuchtigkeit schützt.

Im April des folgenden Jahres beginnen die Samen zu keimen und zwar geht die Keimung folgendermassen vor sich. Durch Streckung des hypokotylen Gliedes durchbricht die kurze Wurzel die Testa am Funikularende. Nach seinem Austritte wendet sich das Hypokotyl sofort der Erde zu, in welche sodann die kurze Wurzel eindringt. An der Uebergangszone in das Hypokotyl schwillt sie an und bedeckt sich nach kurzer Zeit an dieser Stelle mit zahlreichen Wurzelhaaren. Bald nimmt die Wurzel stark an Länge zu und bildet reichlich Nebenwurzeln. Auch das hypokotyle Glied streckt sich mehr und mehr. Die Kotyledonen dienen eine Zeit lang als Saugorgane, indem sie die im Nährgewebe aufgespeicherten Stoffe aufnehmen und der Keimpflanze zuführen. Ist das Nährgewebe ausgesogen, so wird es samt der umgebenden Testa abgeworfen. Letzteres wird dadurch bewirkt, dass die Keimblätter an ihrem unteren Teile bogenartig auseinanderweichen und dadurch die Umhüllung ihrer Spitze abstreifen. Hierauf richten sich die Kotyledonen, die jetzt gestielt sind und an der Basis ihrer rundlich-eiförmigen Blattfläche an beiden Seiten in eckige Zipfelchen auslaufen, auf und dienen nachdem sie ergrünt

sind als Assimilationsorgane. Mit den beiden ersten Laubblättern treten auch die ersten Adventivwurzeln auf, die bald die Funktion der stark in die Länge gewachsenen Hauptwurzel übernehmen.

Ranunculaceen.

Aus dieser Familie wurden Ranunculus aquatilis L., ein echtes submerses Gewächs, und Ranunculus sceleratus L., eine an sumpfigen Stellen wachsende Art untersucht. Vergleichshalber wurde ausserdem noch Ranunculus acer L., eine an trockeneren Standorten vorkommende Art zur Untersuchung herangezogen. Die wichtigste Literatur über die Früchte und Samen genannter Arten ist folgende:

Adlerz, Bidrag till fruktväggens anatomi hos Ranunculaceae, 1884, p. 29.

Kölpin-Ravn, Om Flydeevnen hos Fröene af vore Vand- og Sumpplanter, in Botanisk Tidsskrift B. 19, H. 2, 1894, p. 171.

Kraus, Ueber den Bau trockener Perikarpien, in Pringh. Jahrb. Bd. V, 1896/97, p. 110.

Askenasy, Ueber den Einfluss des Wachstums-Mediums auf die Gestalt der Pflanzen, in Bot. Zeitg. 1870, p. 192.

Ranunculus aquatilis L. und Ranunculus sceleratus L.

Die aus einem Fruchtblatte gebildeten grünlich-gelben Früchte besitzen eine rundlich-eiförmige von der Seite etwas zusammengedrückte Gestalt: sie sind 130 μ lang und 950 μ breit. Oben ist die Frucht von einer kleinen Spitze, dem Griffelreste, gekrönt, während sie unten etwas seitlich in den kurzen Fruchtstiel verschmälert ist. In der Nähe des Griffelrestes befinden sich am äusseren Rande der Frucht einzelne steife Borsten; auf den abgeflachten Seitenwänden der Frucht sind mit der Lupe Runzeln zu erkennen, die quer zur Längsachse der Frucht verlaufen.

Die Frucht birgt in ihrem Inneren einen einzigen Samen. Dieser ist aus einer grundständigen anatropen Samenanlage hervorgegangen, die nur ein einziges dickes Integument besitzt, und deren Raphe ein Gefässbündel enthält, welches sich in der Chalazagegend strahlig verzweigt.

Die Fruchtschale, auf welche ich jetzt des näheren zu sprechen komme, besteht aus zwei verschieden ausgebildeten Gewebearten. Das äussere Gewebe setzt sich aus dünnwandigem Parenchym, das Chlorophyllreste enthält, das innere aus stark verdickten, verholzten und mit vielen Tüpfeln versehenen Zellen zusammen. Nach aussen hin ist das dünnwandige Parenchym des Exokarps von einer Epidermis begrenzt, deren in der Flächenansicht polygonale Zellen etwas verdickte Aussenwände besitzen und wenig in der Richtung der Fruchtlängsachse gestreckt sind. In der Nähe der Spitze und besonders am äusseren Rande der Frucht sind in die Epidermis einzellige stark sklerosierte Borstenhaare tief eingesenkt, deren Basalteile reichlich mit Tüpfeln versehen sind. Bemerkenswert ist noch, dass die Epidermiszellen vereinzelt einen gelblichen Inhalt von harzähnlichem Aussehen enthalten, der sich aber nicht in Eau de Javelle, Aether, Chloroform oder Alkohol löst und durch Phloroglucin und Salzsäure rot gefärbt wird; die Wände der diesen Inhalt führenden Zellen färben sich mit genanntem Reagenz gleichfalls rot. Dass unter der Epidermis liegende mit Interzellularräumen versehene dünnwandige Parenchym ist an den abgeflachten Seitenwänden der Frucht nur wenige (2—3), an den Kanten viele Zelllagen dick. Die Zellwände dieses luftführenden Gewebes sind schwach verkorkt

Das nun nach innen sich anschliessende sklerosierte Endokarp besteht aus drei bis vier Schichten stark verdickter Faserzellen, deren Wände verdickt und reichlich getüpfelt sind. Die sklerosierten Zellen sind mit Ausnahme der innersten Schichten in der Richtung der Fruchtlängsachse orientiert, die Zellen der an den Samen angrenzenden Schichte dagegen senkrecht zur Fruchtlängsachse. Eine ähnliche Anordnung der sklerosierten Zellen, die eine grössere Festigkeit bedingt, findet man bei vielen Perikarpien.

An der reifen trockenen Frucht erscheint das parenchymatische Gewebe des Exokarps mehr oder weniger zusammengedrückt. Hierdurch entstehen die an der Oberfläche der Frucht schon mit der Lupe sichtbaren Runzeln, die annähernd quer zur Fruchtlängsachse verlaufen.

Ich gehe jetzt zur näheren Beschreibung der Samenschale über. Diese setzt sich aus vier Zellschichten zusammen, deren tafelförmige Zellen polygonale Gestalt in der Flächenansicht haben. Von diesen sind die zweite und innerste Zelllage sehr charakteristisch ausgebildet. Die Zellen der zweiten Schichte erscheinen in der Flächenansicht isoliert

und von Interzellularräumen umgeben, welche zu einem Netze zusammenschliessen; auch sind ihre Seitenwände etwas stärker verdickt. Die innerste Zellschichte der Testa, deren Wände schwach verholzt sind, besitzt eigentümlich verdickte Innenwände. Schon im jugendlichen Zustande ist die Innenwand stärker entwickelt und zeigt auf der Innenfläche zunächst eine dichte leistenartige Streifung; später verwandelt sich diese durch Auftreten von Querbrücken in eine netzartige Verdickung. Beim reifen Samen ist fast das halbe Lumen dieser Zellen durch die sekundäre Verdickungsschicht, die ebenfalls verholzt ist, ausgefüllt. Zwischen Samenschale und Nährgewebe befindet sich noch ein dünnes Häutchen; dieses besteht aus einer einzigen Lage völlig collabierter Zellen.

Die Samenschale schliesst ein stark entwickeltes Nährgewebe ein, dessen sehr dünnwandiges Parenchym Aleuron und fettes Oel enthält. In diesem liegt am Mikropyleende der auffallend kleine rundlich abgeplattete Embryo. Dieser besitzt sehr kurze Kotyledonen und ist 230 μ lang und 150 μ breit. Sein Parenchym enthält die gleichen Reservestoffe wie das Endosperm.

Die gleichfalls untersuchten Früchte und Samen von Ranunculus sceleratus, welcher sumpfiges Gebiet als Standort bevorzugt, zeigen in morphologischer wie auch anatomischer Beziehung keine wesentlichen Unterschiede von der oben eingehend besprochenen Art. Zu bemerken ist nur, dass das luftführende parenchymatische Exokarp hier noch bedeutend stärker an der Dorsal- und Ventralseite als an den Lateralseiten ausgebildet ist und so die ganze Frucht gleich einem Gürtel umgiebt.

Ranunculus acer L.

Vergleichshalber wurden auch die Früchte und Samen dieser Art zur Untersuchung herangezogen. Hier besitzt Perikarp und Testa im wesentlichen den gleichen Bau, wie bei der vorigen Art. Auch hier besteht das Perikarp aus dem dünnwandigen parenchymatischen Exokarp und dem stark sklerosierten Endokarp. Bemerkenswert ist aber, dass das Lumen der Zellen der innersten Schichte des Exokarps fast vollständig von einem relativ grossen, rundlichen sphärokristallinischen Gebilde aus Calcium oxalat eingenommen wird. Die übrigen anatomischen Verhältnisse sind fast dieselben, wie bei Ranunculus aquatilis.

Die biologischen Verhältnisse von Frucht und Samen von Ranunculus aquatilis, sowie die Keimung hat bereits Askenasy (l. c. p. 192) eingehend beobachtet und beschrieben.

Ceratophylleen.

Aus dieser Familie wurden die beiden typischen Hydrophyten Ceratophyllum demersum L. und Ceratophyllum submersum L. untersucht. Die wichtigste bezügliche Literatur ist folgende:

Schleiden, Beiträge zur Kenntnis der Ceratophylleen, in Beiträge zur Botanik, Leipzig, 1844.

Baillon, Historie des Plantes, T. III, p. 480 u. 495.

Schenck, Die Biologie der Wassergewächse, in Verh. d. naturhist. Ver. d. preuss. Rheinlande etc., Jahrg. 42, Bonn, 1885, p. 354.

Ceratophyllum demersum L.

Die Frucht von Ceratophyllum ist eine steinfruchtartige Nuss, die aus einem oberständigen, einfächerigen, länglich-eiförmigen Fruchtknoten hervorgeht. Dieser setzt sich aus zwei median stehenden Carpiden zusammen, die innig mit einander verwachsen und von denen das hintere, der Abstammungsachse zugewandte, sich stärker ausbildet und in den langen pfriemlichen Griffel ausläuft. An der inneren Fruchtknotenhöhle befindet sich die Placenta, an der die einzige hängende orthotrope, nur mit einem dicken Integument versehene Samenanlage angeheftet ist.

Was nun das steinfruchtartige einsamige Nüsschen anlangt, so besitzt dieses annähernd die Gestalt des Fruchtknotens und ist von dem stachelförmigen Griffelrest gekrönt, der fast die doppelte Länge der Frucht besitzt. Ausserdem ist an dem sich zur Frucht entwickelten Fruchtknoten noch folgende Veränderung eingetreten. Kurz nach der Befruchtung entstehen an beiden Seiten der Basis zwei kleine Höcker, die später zu zurück-

gekrümmten Stacheln auswachsen und dann die Frucht an Länge übertreffen. Die grünlich-braune Frucht hat eine rauhe, oft warzige Oberfläche, sie ist 0,5 cm lang und 0,3 cm breit. Der aus dem Griffel entstandene Stachel ist 1 cm lang, während die Stacheln am Grunde eine Länge von 0,6 cm besitzen.

An der Fruchtschale lässt sich ein dünnes Fruchtfleisch, welches anfangs eine saftige, später jedoch eine trockene Beschaffenheit zeigt und ein dickes sklerosiertes Endokarp unterscheiden; letzteres setzt sich auch in die Stacheln fort. Die Fruchthöhle birgt den einzigen Samen. Der 0,23 cm lange grünliche Keimling zeigt eine sehr fortgeschrittene Ausbildung und ist schon gewissermassen als ein fertiges Pflänzchen anzusprechen. Schleiden hat ihn zuerst beschrieben. Er besteht aus einem sehr kurzen nach unten gerichteten Hypokotyl, zwei grossen fleischigen Kotyledonen und einer zwischen diesen liegenden sehr entwickelten Plumula. Die letztere beginnt mit einem Blattkreis von zwei relativ dicken fleischigen, aber ungeteilten sich gegenüberstehenden linealen Blättern, die mit den Kotyledonen gekreuzt stehen; dann folgt weiter ein Quirl von drei linealen ungeteilten Blättern; in den folgenden Quirlen nimmt die Zahl der Blätter zu, auch erscheinen jetzt fiederig geteilte Blätter. Alle diese Quirle sind durch mehr oder weniger deutliche Internodien von einander geschieden. In den Achselhöhlen der Blätter sind sogar zuweilen Knospen in Gestalt kleiner Höcker sichtbar.

Ich komme nun auf die nähere Struktur der Fruchtschale zu sprechen. Das dünnwandige Fruchtfleisch ist in der reifen Frucht meist stark zusammengesunken und durch äussere mechanische Einwirkungen schon oft teilweise zerstört. Es ist deswegen nötig, dieses an der nicht völlig ausgereiften Frucht zu untersuchen. Die Zellen der Epidermis sind in der Flächenansicht polygonal; sie sind grosslumig und etwas radial gestreckt und mit mässig verdickten Zellulosewandungen versehen. Sie enthalten Chlorophyllreste und sphärokristallinische Massen. Den Epidermiszellen ist eine Schichte grosser und weitlumiger quer zur Fruchtlängsachse stark gestreckter Zellen angelagert, deren dünne Seitenwände ziehharmonikaähnlich gestaltet sind. In ihnen finden sich neben desorganisiertem Plasma noch ziem-

lich grosse prismatische Einzelkristalle von oxalsaurem Kalk. Diesen Zellen lagert sich nach innen eine Kutikula an. Dann folgt dünnwandiges, kleinzelliges Parenchym, das aber nicht an allen Stellen der Fruchtschale gleich stark ausgebildet ist. An den Lateralseiten (in Bezug auf das Diagramm) der Frucht setzt es sich nur aus zwei Zellschichten zusammen, die sich unmittelbar dem nach innen folgenden sklerosierten Endokarp anlagern. An den Medianseiten dagegen ist es drei bis vierschichtig und nimmt grosse Lufträume zwischen sich. Das Parenchymgewebe enthält auch Einzelkristalle von der oben beschriebenen Form.

Das nun folgende Endokarp setzt sich aus stark verdickten und reichlich und feingetüpfelten Parenchymzellen zusammen. Die Wände derselben sind verholzt bis auf die innerste Lamelle, welche typische Zellulosereaktion gibt. In dem Lumen einer jeden Zelle liegt ein farbloser, runder, das Licht nicht doppelt brechender Körper, der durch Eau de Javelle nicht wegbleichbar ist. Durch Osmiumsäure und Schwefelsäure wird er sofort gelöst. Durch langes Einwirken (ein bis zwei Tage) von konzentrierter Essigsäure und von Kalilauge wird nur der Kern des Körpers gelöst; es bleibt nur eine dünne Hülle zurück, welche sich mit Jod und Schwefelsäure schmutzig blau färbt, sohin aus schwach veränderter Zellulose besteht. Durch Jod allein werden die Gebilde gelblich gefärbt, durch längeres Einwirken von Safraninlösung gelbbraun; eine merkwürdige Erscheinung ist die, dass das Auskristallisieren von Safraninkristallen nur an den Körperchen selbst stattfindet. Beim Glühen der Schnitte auf dem Deckglas färben sich die Gebilde braunschwarz, was auf organische Substanz deutet.

Der stachelförmige Griffelrest und die beiden basalen stachelförmigen Anhänge, bestehen aus stark gestreckten parenchymatischen Zellen, deren oberflächliche Schichten dünnwandig und unverholzt, deren innere Schichten dagegen verholzt und getüpfelt sind und sozusagen eine Fortsetzung der Endokarpzellen bilden. Die Zahl der Schichten nimmt nach oben entsprechend der Form der stachelförmigen Anhänge ab, auch werden die Zellwände der sklerosierten Zellen nach oben hin allmählich dünner.

In der Fruchtschale verläuft in der Medianebene vorne wie hinten je ein Gefässbündel, an der Fruchtspitze vereinigen sich die beiden Gefässbündel zu einem einzigen, welches in den Griffel eintritt.

Ueber die Struktur des Samens ist folgendes anzuführen. Die dünne Testa besteht grösstenteils aus stark collabiertem Parenchymgewebe und gleicht einem durchsichtigen Häutchen, nur an der Spitze des Samens sind die Zellschichten weniger stark zusammengedrückt und enthalten noch Plasma- und Oelreste. Auf der Aussenseite der hautartigen Testa sind die Umrisse der in Richtung der Samenlängsachse gestreckten polygonalen Epidermiszellen zu erkennen, auf der Innenseite die Umrisse von Parenchymzellen, deren Wandungen sanft unduliert sind.

Nährgewebe ist nur sehr wenig im reifen Samen vorhanden, nur die Plumula wird von einigen grossen Endospermzellen umgeben, die grosskörnige Stärke, fettes Oel und Plasma enthalten. Der Keimling besteht aus dünnwandigem Parenchymgewebe. Die Parenchymzellen der Kotyledonen und des Hypokotyls nehmen auf dem Querschnitte dreieckige Interzellularräume zwischen sich. Sämtliche Zellen des Embryos sind mit grosskörniger Stärke und fettem Oel und Plasma stark angefüllt.

Ceratophyllum submersum L.

Die Frucht von Ceratophyllum submersum unterscheidet sich von der vorigen morphologisch dadurch, dass an ihrem Grunde die beiden Stacheln fehlen; auch der persistierende Griffel an der Spitze der Frucht ist hier bedeutend kürzer; er ist etwa ein viertel so lang als die Frucht.

Anatomisch zeigen sich nur geringe Abweichungen in der Beschaffenheit der Fruchtwand. Die Zellen der Epidermis und der darauf folgenden Schichte des Exokarps sind hier noch bedeutend stärker quer zur Längsachse der Frucht gestreckt, ihre dünnen Seitenwände sind ziehharmonikaartig gefaltet. Bei den Epidermiszellen ist ausserdem nur die Aussenwand verdickt. Kristalle werden in diesen beiden Schichten nicht angetroffen.

In den sklerosierten Zellen des Endokarps sind dieselben kleinen, rundlichen farblosen Gebilde vorhanden, wie bei Ceratophyllum demersum, sie geben auch die gleichen Reaktionen. In der Struktur des Samens zeigen sich ebenfalls dieselben Verhältnisse.

Die Früchte von Ceratophyllum demersum reifen unter dem Wasserspiegel; sie sinken nach ihrer Loslösung von der Pflanze durch ihr hohes spezifisches Gewicht alsbald zu Boden, verankern sich mit Hilfe ihrer stachelartigen Anhänge und überwintern im Schlamme geschützt durch die sklerosierten Teile des Perikarps. Die noch vorhandenen fleischigen Teile der Fruchtwand gehen durch Vermoderung früher oder später zu Grunde. Einrichtungen, die zu einer weiteren Verbreitung der Früchte

durch Schwimmen dienen, sind an der Fruchtschale nicht zu beobachten. Eine Verbreitung der Früchte durch das Wasser kommt aber zuweilen insofern vor, als des öfteren Sprossstücke mit reifen Früchten von der Pflanze abgerissen werden und diese wegen ihrer grossen lufterfüllten Interzellularräume zu schwimmen vermögen.

Im hohen Maſse sind die Schutzeinrichtungen bei der Frucht ausgebildet; der Same ist, wie wir aus der anatomischen Beschreibung ersehen, durch den dicken und festen Steinmantel des Endokarps geschützt.

Ueber die nur im Laboratorium beobachtete Keimung, sowie über die weitere Entwicklung des Keimlings von Ceratophyllum finden wir zuerst bei Schleiden Aufzeichnungen. Ich konnte die Keimung leider nicht in ausgiebigster Weise verfolgen, da die wenigen Keimpflanzen, die mir zur Verfügung standen, frühzeitig eingingen. Nach meinen Beobachtungen, die mit denen Schleidens im wesentlichen übereinstimmen, geht die Keimung folgendermassen vor sich. Die in einem temperierten Raume im Schlamme und unter Wasser überwinterten Nüsschen keimten nach einem etwa dreimonatlichen Liegen unter Wasser unregelmässig aus. Beim Liegen unter Wasser vermodert zunächst das fleischige Exokarp. Die harte Endokarpschichte wird durch den sich streckenden Embryo gesprengt. Sie springt von unten nach oben in zwei Längshälften auf, die an der Spitze meist noch durch den verholzten Griffel zusammengehalten werden. Durch die Verlängerung der beiden Kotyledonen tritt das Hypokotyl und die stark entwickelte Plumula aus dem Endokarp heraus. Während die Spitzen der beiden Kotyledonen noch eingeschlossen bleiben, biegen sich bei der weiteren Entwicklung die unteren Teile der Kotyledonen sowie das Hypokotyl nach unten, die stark entwickelte Plumula richtet sich dagegen nach oben. An dem ergrünten Keimling wachsen nun die schon am Embryo vorhandenen (s. die Beschreibung des Samens) Blattquirle weiter aus. Eine Wurzelentwickelung findet nicht statt, das kurze, stumpfe Radikularende des Em-

bryos entwickelt sich nicht weiter, auch entstehen keine Nebenwurzeln. Auch an der ausgewachsenen Pflanze sind bekanntlich meist keine Wurzeln vorhanden; (Ceratophyllum gehört zu den wurzellosen Pflanzen) Leonhardi*) hat in seltenen Fällen Wurzeln bei Ceratophyllum beobachtet.

Cruciferen.

Aus dieser Familie gelangte Subularia aquatica L. zur Untersuchung. Sie ist eine echte submerse Pflanze, die aber zugleich mit der Fähigkeit begabt ist, bei zurücktretendem Wasser auch als Landform auf dem Schlamme zu vegetieren.

Subularia aquatica L.

Die Frucht von Subularia ist ein eiförmig-längliches Schötchen, das unter Wasser reift. Die an parietalen Placenten sitzenden Samen gehen aus campylotropen Samenanlagen hervor, die zwei Integumente besitzen, von denen das innere etwa doppelt so dick ist, als das äussere.

Am kleinen gelben seitlich zusammengedrückten eiförmigen Samen ist der Nabel als kleines braunes Höckerchen bemerkbar; an der Mikropylenstelle befindet sich eine kleine Einbuchtung. Die Samenoberfläche ist glatt und verschleimt leicht beim Zutritt von Wasser. Die Länge des Samens beträgt 800 μ, in der Mitte ist er 520 μ, an den Enden je 400 μ breit.

Die Samenschale, auf die ich jetzt zu sprechen komme, ist aus drei Schichten zusammengesetzt: einer äusseren schleimhaltigen, einer mittleren, deren Zellwände gelb gefärbt sind und einer inneren membranartigen. Die Epidermis erscheint auf dem Querschnitt in concentriertem Glycerin als eine homogene glasartige Haut, da ihre Zellen stark abgeflacht sind, und infolge der starken Verschleimung der äusseren Zellwand ein Lumen nicht sichtbar ist. Auf der Flächenansicht

*) s. Just Jahrb. 1895, Abt. 2, p. 282.

der Samenschale sieht man deutlich die Umrisse der tafelförmigen und polygonalen Zellen dieser äusseren Schichte. Hierzu sei noch bemerkt, dass bei reifen, schon aus der Kapsel entlassenen Samen häufig die Aussenwände der Epidermiszellen durch irgend einen mechanischen Vorgang abgestossen sind und deswegen auch der Schleim bereits grösstenteils herausgequollen ist. Es ist deswegen zur Untersuchung der Schleimschichte unbedingt nötig, ganz frisch aus der Kapsel heraus präparierte Samen zu verwenden. Lässt man zu einem in Glycerin oder Alkohol befindlichen Querschnitt durch die Samenschale Wasser zutreten, so sieht man die Epidermiszellen rasch sich vergrössern, wobei sich ihre Aussenwände stark nach aussen vorwölben. Zelllumina sind nicht sichtbar, die ganzen Zellen sind von den sekundären schleimigen Verdickungsschichten der Aussenwand erfüllt, von denen die äusseren schwach, die inneren stark lichtbrechend erscheinen, die letzteren liegen entweder der Innenwand der Epidermiszellen an, oder berühren nur die Mitte derselben. Bei längerem Einwirken von Wasser wird die Kutikula der Epidermis gesprengt, die Verdickungsschichten treten hervor, in dem umgebenden Wasser verquellend; nur die stark lichtbrechende innere Verdickungsschichte (siehe oben) bleibt zurück.

Der heraustretende Schleim löst sich in Kalilauge, mit Chlorzinkjod färbt er sich schön violett und mit Jod und Schwefelsäure blau. Es handelt sich hier also, wie diese Farbreaktionen zeigen, um einen Amyloïdschleim. Mit diesem Befund stimmt auch die Entstehung dieser Schleimschichte überein, welche folgendermassen vor sich geht. In den Epidermiszellen des äusseren Integumentes gehen zunächst nur geringe Veränderungen vor sich; die Epidermiszellen vergrössern sich, bleiben aber im Querschnitt quadratisch. Haben die Zellen einen Durchmesser von 18 μ erreicht, so tritt in ihnen in reichlicher Menge Stärke auf; bei einem Durchmesser von 24 μ beginnt in ihnen die Anlage der sekundären Verdickungsschichten und zwar werden die Schleimschichten der Aussenwand aufgelagert. In gleichem Mafse wie die Verdickungsschichten angelegt werden, verschwindet die Stärke in dem immer kleiner werdenden Zelllumen. In diesem Stadium sieht man viele corrodierte Stärkekörner, sie werden bald ganz zur Bildung der sekundären Membranverdickungsschichten aufgebraucht.

Den Epidermiszellen liegt nach innen zu die oben als mittlere bezeichnete gelbbraune Zellschichte aus plattenförmigen Zellen an. Die gelbbraune Färbung derselben wird durch die Farbe der stark verdickten Zellwände bedingt; diese sind stark verkorkt, was sich durch die dunkelbraune Färbung mit Jod und Schwefelsäure und Unlöslichkeit der Membran in concentrierter Schwefelsäure zeigt. Diese Zellschicht und die Epidermiszellen sind, wie die Entwicklungsgeschichte ergiebt, aus dem äusseren Integumente hervorgegangen.

An die beiden beschriebenen Zellschichten lagert sich als innere und letzte eine verkorkte membranartige Schichte an, die ihre Entstehung dem collabiertem inneren Integumente verdankt.

Sodann folgt eine einschichtige Lage nicht gefärbter polygonaler Parenchymzellen. Diese sind mit zahlreichen Aleuronkörnchen, die sich mit Jodlösung gelbbraun färben, vollgepfropft und bilden den Rest des Endosperms in diesem Samen.

Die Aleuronschicht umgiebt, nur durch eine Kutikula getrennt, den grünen Embryo. Dieser bildet die Hauptmasse des ersten Raumes und ist nach Art eines Embryo notorrhiyus in der Mitte umgebogen, wobei die beiden Kotyledonen mit der Flachseite dem Hypokotyl anliegen. Im ausgewachsenen Stadium ist der Embryo 1100 μ lang und 220 μ breit und zwar ist das Hypokotyl 330 μ, die Kotyledonen 770 μ lang. Auf einem rein medianen Längsschnitt durch den Samen sieht man am Grunde zwischen den beiden Kotyledonen den kleineren Vegetationspunkt. Die Parenchymzellen des Embryos enthalten neben fettem Oel und Aleuron noch Chlorophyllkörner.

Die vorstehend beschriebene Struktur des Samens von Subularia unterscheidet sich nicht wesentlich von der Samenstruktur der landbewohnenden Cruciferen, welche von vielen Seiten untersucht wurden (siehe die neue Arbeit von Oliva, vergleichend anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über die Cruciferensamen, in No. 41 bis 52 der „Zeitschrift des Allgem. österr. Apotheker-Vereins“ Jahrg. 1905 und die dort ausführlich zitierte Literatur). Die verschleimte Samenepidermis ist bei allen bisher untersuchten Cruciferen konstatiert worden (über diese siehe auch Abraham, Bau und Entwicklungsgeschichte der Wandverdickungen in den Samenoberhautzellen einiger Cruciferen in Pringsheims Jahrb. Bd. 16, 1885.) Die für Sinapis und Brassica allgemein bekannte und grösstenteils als Charakteristikum der Cruciferensamen hervorgehobene Sklereïdenschicht ist keineswegs bei allen terrestren Cruciferen vorhanden; sie ist z. B. bei Capsella bursa pastoris nicht wesentlich anders wie bei Subularia entwickelt, wie überhaupt der Same von Capsella bursa pastoris in seiner Struktur dem von Subularia aquatica nahe kommt (vergl. auch Strasburger, Das botanische Prakticum, Jena 1897, p. 564).

Ueber die Ueberwinterung und Keimung der Samen dieser kleinen seltenen und merkwürdigen Crucifere, die in ihrem Habitus mehr einer kleinen Juncus-Art gleicht,

als ihren Verwandten, ist folgendes anzuführen. Bei der submersen Pflanze reifen die Früchte unter Wasser. In diesem Falle werden die Samen erst durch Fäulnis und Maceration der Fruchtwände in Freiheit gesetzt, da unter Wasser sich keine echte trockenschalige Schötchen bilden können, die beim Austrocknen infolge der entgegenwirkenden Spannungen in den Gewebeschichten der Fruchtwände aufspringen. Bei der Landform von Subularia werden hingegen die Samen durch Aufspringen des Schötchens entlassen. Im Wasser sinken die Samen infolge ihres hohen spezifischen Gewichtes sofort zu Boden und keimen oft noch im selben Jahre aus oder machen hier die Samenruhe durch, indem die unter der Schleimepidermis liegende oben näher besprochene stark verkorkte Zellschichte der Testa den Samen vor allzu grosser Feuchtigkeit, die leicht Fäulnis bewirken würde, schützt. Aber auch die an trockenem Standort überwinternden Samen schützt dieselbe vor Austrocknung; denn die trocken aufbewahrten und dann ins Wasser gebrachten Samen keimten ebenfalls schon nach mehreren Tagen ziemlich regelmässig aus.

Einrichtungen, die zur Verbreitung der Samen dienen, sind an der Testa von Subularia nicht zu beobachten. Höchstens verdient die stark entwickelte Schleimepidermis der Samenschale Erwähnung. Sofort nach Wasserzutritt umgeben sich die Samen mit einer dichten Schleimschichte, durch welche oft viele zusammenkleben. So in Schleim eingebettet liegen sie im Schlamme und können leicht mit den an den Füssen der Wasservögel haftenbleibenden Morastklumpen eine Verbreitung auf weitere Strecken finden, wie auch schon Guppy (The River Thames etc. Jorn. of the Linnean Society XXIX 1892/93 p. 342) für verschiedene nicht schwimmende Samen und Früchte von Wasserpflanzen angiebt.

Ueber die Entwicklung der Keimpflanze von Subularia habe ich in der Literatur keinerlei Angaben vorgefunden. Da mir die verschiedensten Stadien von eben keimendem Samen an bis zur beblätterten Pflanze zur

Verfügung standen, so konnte ich die Keimung und Weiterentwicklung des Keimlings ausgiebig verfolgen. Die Resultate meiner Beobachtungen sind folgende. Die Samen keimten bereits zum Teil im Oktober desselben Jahres. Durch Streckung des hypokotylen Gliedes durchbricht die Wurzel die Testa am Funikularende des Samens und wendet sich dem Boden zu. Hat der aus der Testa herausgetretene Teil des Embryos eine Länge von 700 μ erlangt, so schwillt die Wurzel an der Uebergangszone in das Hypokotyl bedeutend an und bedeckt sich auf diesem ringartigen Gebilde, dem sogenannten Wurzelknoten, mit zahlreichen Wurzelhaaren, die zur Festigung der Keimpflanze im Erdboden und zu ihrer Ernährung dienen. Die Wurzel behält nun längere Zeit eine gedrungene Gestalt und beginnt sich erst stärker zu entwickeln, wenn die Kotyledonen die Testa abgestreift haben. Letzteres wird bewirkt, indem die beiden Kotyledonen an ihren unteren Teilen bogenförmig auseinanderweichen und dadurch die Umhüllung ihrer Spitzen abstreifen. Hierauf richten sich die langen linealen Keimblätter auf und dienen als Assimilationsorgane. In dieser Zeit nimmt auch die Wurzel sehr an Länge zu und bildet Seitenwurzeln. Bald bilden sich auch an der Insertionsstelle der Kotyledonen zahlreiche Nebenwurzeln und zwar tritt die erste Nebenwurzel direkt senkrecht unter dem ersten Laubblatte hervor. Da die Wurzeln im Verhältnis zu ihrem starken Längenwachstum nicht beträchtlich in die Dicke wachsen, so bleiben sie dünn und fadenförmig. An der gestaucht bleibenden vegetativen Achse entwickeln sich die lineal-pfriemlichen, stets grundständigen Laubblätter in spiraliger Anordnung und zwar werden in den meisten Fällen nur im Ganzen fünf Laubblätter bis zur ersten Blütenentwicklung ausgebildet.

Crassulaceen.

Aus dieser Familie gelangte die an überschwemmten Orten wachsende seltene Bulliarda aquatica DC. zur Untersuchung und vergleichshalber Sedum album L., eine an trockenen Standorten vorkommende Pflanze. Als bezügliche Literatur ist nur zu nennen:

Marloth, Ueber mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von aussen, in Englers Jahrb. Bd. IV, 1883, p. 233.

Bulliarda aquatica DC.

Die aus einem oberständigen, apokarpischen Fruchtknoten hervorgegangenen Früchte von Bulliardia sind Balgfrüchte, die sich bei der Reife an ihrer Bauchnaht öffnen. Jede Frucht enthält zahlreiche winzig kleine, walzenförmige, gelbbraune Samen, die 390 μ lang und 200 μ breit sind; an ihrem Funikularende tritt der Hilus als kleines braunschwarzes Spitzchen hervor. Die Samenanlagen sind anatrop und mit ziemlich langem ein Gefässbündel enthaltenden Funikulus versehen. Von den beiden Integumenten ist das äussere bedeutend dicker als das aus ein bis zwei Zellschichten zusammengesetzte innere Integument. Letzteres nimmt an dem Bau der Testa keinen hervorragenden Anteil, es wird von dem heranwachsenden Embryo bald stark zusammengedrückt und schliesslich völlig collabiert. Das äussere Integument setzt im wesentlichen die Samenschale zusammen. Schon an der eben befruchteten Samenanlage zeichnen sich die bereits stark in Richtung zur Längsachse der Samenanlage gestreckten und in der Flächenansicht fast viereckigen Epidermiszellen durch ihre Grösse von den übrigen Zellschichten des äusseren Integumentes aus; sie besitzen bereits schwach gewellte Seitenwände. In den weiter folgenden Entwicklungsstadien verdicken sich allmählich die Aussenwände der Epidermiszellen und wölben sich infolge eines stärkeren Flächenwachstums nach aussen vor; die Seitenwände zeigen stärkere Undulationen. In

den gleichen Stadien werden allmählich die unter der Epidermis liegenden dünnwandigen Parenchymschichten zusammengedrückt, sodass schliesslich nur noch ein collabiertes Gewebe übrig bleibt.

Im ausgereiften Samen setzt sich die Testa nur noch aus der Epidermis und einem collabierten Gewebe zusammen. Die stark zur Richtung der Samenlängsachse gestreckten in der Flächenansicht fast viereckigen Epidermiszellen greifen mit ihren stark welliggebogenen Seitenwänden zahnartig ineinander. Die braungefärbten Aussenwände sind stark nach aussen vorgewölbt und von einer dicken tiefbraunen Kutikula, die Längsstreifung aufweist, überlagert und durch eine der Innenseite angelagerte geschichtete Zellulosemembran stark verdickt. Die Innenwände sind nicht verdickt. Auf dem Querschnitt weisen die Epidermiszellen ein fast dreieckiges Lumen auf, das mit Plasmaresten und Gerbstoff angefüllt ist. Auf die Epidermis folgt nach innen ein stark collabiertes und verkorktes Gewebe, der Rest der beiden Integumente, in dem durch quellende Reagenzien noch die Conturen der parenchymatischen Zellen zu erkennen sind.

Vom Nährgewebe ist im reifen Samen nur noch eine einzige Zellschichte vorhanden, diese besteht aus kleinlumigen dünnwandigen, in der Fläche polygonalen Zellen, die Aleuron und Oel enthalten. Gegen den walzenförmigen 360 μ langen und 170 μ breiten Embryo ist der Nährgeweberest durch eine dünne Kutikula abgegrenzt. Das dünnwandige Parenchym des Embryos enthält als Reservestoffe Aleuron und fettes Oel.

Sedum album L.

Vergleichshalber wurde der gelbliche längliche oben und unten in eine kurze Spitze auslaufende und an seiner Oberfläche mit Längsstreifen versehene Samen von Sedum zur Untersuchung herangezogen. Auch hier setzt sich die Testa nur aus der Epidermis und einer nach innen folgenden collabierten Schichte zusammen. Die Epidermiszellen sind quer zur Samenlängsachse orientiert. Ihre nach innen zurückgebogenen und den Innenwänden dicht anliegenden Aussenwände sind durch eine sekundäre Zellulosemembran stark verdickt. Die Seiten- und Innenwände der Epidermiszellen sind dünn und verkorkt. Unter der Epidermis liegt ein braunes collabiertes Gewebe und diesem schliesst sich nach innen das einzellschichtige

Nährgewebe an. Die kleinen schmalen Zellen des letzteren besitzen verdickte Aussenwände und enthalten Aleuron und fettes Oel.

Zu bemerken ist noch, dass in Begleitung des Rapheleitbündels und am Chalaza- und Funikularende des Samens vereinzelte Sphärokristalle von oxalsaurem Kalk sich vorfinden.

Wesentliche Strukturverschiedenheiten des Samens sind sohin bei den beiden untersuchten, an extrem verschiedenen Standorten vorkommenden Crassulaceen nicht zu konstatieren.

Hypericaceen.

Aus der Familie der Hypericaceen wurde das an sumpfig-moorigen Orten vorkommende Hypericum elodes L. untersucht und vergleichshalber Hypericum perforatum L. und Hypericum humifusum L., die beide trockene Standorte bevorzugen. Die wichtigste diesbezügliche Literatur ist folgende:

Marloth, Ueber mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von aussen, in Englers Botan. Jahrb., Bd. IV, 1883, p. 234.

Brandza, Développement des téguments de la graine, in Revue générale de botanique, T. III, 1891, p. 105.

Hypericum elodes L.

Die aus einem oberständigen Fruchtknoten hervorgegangene Frucht von Hypericum elodes ist eine einfächerige Kapsel, sie unterscheidet sich hierdurch von den Früchten der übrigen einheimischen Hypericum-Arten, die eine dreifächerige Kapsel besitzen. Die zahlreichen Samen befinden sich in zwei Reihen angeordnet an den wandständigen Placenten. Bei der Reife springt die Kapsel septizid in drei Klappen auf.

Der kleine hellbraune Same ist aus einer anatropen mit zwei Integumenten versehenen Samenanlage hervorgegangen; er besitzt walzenförmige Gestalt und ist in der Richtung der Samenlängsachse mit zwölf deutlichen Rippen und ebenso vielen gleich schmalen Längsfurchen versehen. Er ist 800 μ lang und 450 μ breit und läuft am Funikular- und Chalazaende in je einen kleinen Höcker aus.

Ich komme jetzt auf die Anatomie des Samens zu sprechen. Um den Bau der Samenschale leichter zu erfassen, ist es nötig, vorerst näher auf jüngere Entwickelungsstadien zurückzugehen. Das innere Integument nimmt an dem Bau der Samenschale keinen hervorragenden Anteil. Bereits in Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 450 μ beginnt die Zusammendrückung derselben durch den Druck des anwachsenden Embryos. In Samenanlagen mit 750 μ Längsdurchmesser ist es bereits vollständig collabiert. Das äussere Integument, welches im wesentlichen die Samenschale zusammensetzt, besteht aus zwei Zellschichten. In Samenanlagen mit 400 μ Längsdurchmesser erscheint bereits seine äussere Zellschichte aus Zellen zusammengesetzt, die in der Flächenansicht annähernd rechteckig und quer zur Längsachse der Samenanlage gestreckt sind, während die gleichgrosszellige innere Zellschichte polygonale Seitenwände in der Flächenansicht aufweist. In Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 520 μ erscheinen die Aussenwände der Epidermiszellen etwas nach innen eingebuchtet, indem die peripherischen Teile der Zellen stärker als die mittleren in die Höhe gewachsen sind. Die innere Zellschichte zeigt ein ähnliches Verhalten. Betrachtet man sie im gleichen Entwickelungsstadium von der Fläche, so sieht man, dass ihre Zellen nicht mehr mit geraden Wänden, sondern mit schwach welligen aneinanderstossen. Auf Querschnitte erkennt man weiter, dass die in der Flächenansicht ausgebuchteten Teile dieser Zellen stärker in die Höhe zu wachsen beginnen als die mittleren, den Hauptkörper dieser Zellen bildenden Teile, wodurch Interzellularräume zwischen der Epidermis und der inneren Schichte zur Entstehung kommen.

In den weiter folgenden Entwickelungsstadien beobachtet man an den Epidermiszellen ein weiteres Fortschreiten des oben besprochenen ungleichmässigen Wachstums und damit in Verbindung eine Dickenzunahme der Aussenwand, wodurch schliesslich die Aussenwände nach dem Zellinnern stark konvex eingewölbt sind und die Epidermiszellen auf dem Querschnitt U-förmige Gestalt besitzen.

Bei der zweiten Zellschichte beobachtet man in den weiter folgenden Entwickelungsstadien, dass die Ausbuchtung der Seitenwände der Zellen allmählich stärker wird und die Höhe der lappenförmigen Randteile der Zellen ebenfalls zunimmt, sodass schliesslich jede Zelle

mit den sich emporziehenden Teilen ihrer Randlappen einen plankonvexen, mit der konvexen Seite nach unten gerichteten Interzellularraum einschliesst. Gleichzeitig erfolgt auch allmählich die Verdickung und Tüpfelung der Zellwände. Zuerst (etwa in Samenanlagen mit 500 μ Längsdurchmesser) erscheint nur die Innenwand etwas verdickt. In Samenanlagen von 600 μ zeigen sich die Anfänge von Tüpfeln an der Innenwand. In Samenanlagen von 750 μ Längsdurchmesser sind alle Zellwände stark verdickt und getüpfelt, wenn auch noch immer die Innenwände stärker als die Aussen- und Seitenwände.

Im reifen Samen besteht die Testa aus den zwei aus dem äusseren Integumente hervorgegangenen Zellschichten und aus dem Rest des inneren Integumentes in Gestalt einer collabierten Schichte; zwischen beiden befindet sich eine Kutikula.

Die quer zur Samenlängsachse gestreckten Epidermiszellen besitzen auf dem Querschnitt U-förmige Gestalt; ihre konkav nach aussen abgegrenzten Aussenwände sind stark verdickt und erscheinen in der Flächenansicht feinkörnig punktiert. Die Seiten- und Innenwände sind dünn. Die Punktierung der Aussenwände ist durch Einlagerung von Zellulosestäbchen in der schwach verkorkten dicken Aussenwand verursacht. Letztere treten auf dem Querschnitt nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure durch ihre blaue Färbung deutlich hervor.

Die der Epidermis anliegende Zellschichte setzt sich aus stark verholzten, getüpfelten und mit dicken gelbbraunen Wänden versehenen Zellen von höchst charakteristischer Gestalt zusammen. Die ziemlich abgeflachten Zellen haben in der Flächenansicht einen lappigen Umriss. Ihre lappenförmigen Randteile sind nach aussen papillös ausgebuchtet und greifen an den benachbarten Zellen fest ineinander. Sie umgreifen auf diese Weise plankonvex mit der Konvexität nach unten gerichtete Interzellularräume, von denen je einer über jede Zelle der zweiten Zellschichte gelagert ist. Siehe auch die Entwickelungsgeschichte. Hierzu sei noch bemerkt, dass die Seitenränder der Zellen der zweiten Schichte an Flächenschnitten erst nach Behandlung mit Schultzeschem Macerations-Gemisch zu erkennen sind.

Der sklerosierten Zellschichte lagert sich nach innen eine Kutikula an und dieser der Rest des inneren Integumentes in Gestalt einer vollständig collabierten Schichte. Dann folgt sogleich, da ein Nährgewebe nicht vorhanden ist, der grünlichweisse walzenförmige Embryo. Dieser ist 570 μ lang und 250 μ breit und besteht aus dünnwandigem Parenchym, in dessen Zellen reichliche Mengen von Aleuron und fettem Oel aufgespeichert sind.

Hypericum perforatum L. und Hypericum humifusum L.

Vergleichshalber wurden auch die Samen dieser beiden terrestren Arten zur Untersuchung herangezogen. Ihr Same besitzt die gleiche Gestalt wie der von Hypericum elodes. Die Struktur ihrer Samenschale zeigt nur wenige Verschiedenheiten. Die besonders charakteristische sklerosierte Zellschichte mit ihren undulierten Seitenrändern und ihren papillenartigen Randlappen ist auch bei den beiden terrestren Formen entwickelt. Nur ist sie hier die dritte und nicht die zweite Zelllage, wie bei Hypericum elodes. Es finden sich weiter hier eingeschlossen von den Randlappen der sklerosierten Schichte keine Interzellularräume, wie bei Hypericum elodes, sondern vielmehr die Zellen einer zweiten äusseren Zellschichte.*) Im übrigen ist noch folgendes über die Samenschale von Hypericum perforatum und humifusum zu sagen. Die Epidermiszellen besitzen dünne und nur wenig nach aussen konkave Aussenwände. Ihre Seiten- und Innenwände sind verdickt und bei Hypericum perforatum ausserdem noch mit einigen grossen Tüpfeln versehen. Die zweite Zellschichte wird von grossen polygonalen Zellen gebildet, die im reifen Samen stark collabiert sind. Ueber die dritte sklerosierte Schicht ist nichts weiter zu sagen. Ihr liegt schliesslich noch nach innen das stark collabierte Gewebe des inneren Integumentes an.

Die im August reifende Kapselfrucht von Hypericum elodes springt scheidewandspaltig in drei Klappen auf. Die herausfallenden, mit Wasser schwer benetzbaren Samen schwimmen, falls sie ins Wasser geraten, einige Tage auf der Oberfläche desselben, und können so durch

*) Das war auch die Veranlassung zu einer genauen Verfolgung der Entwicklungsgeschichte der Samen von Hypericum elodes, da nach dem Befunde des reifen Samens die Entscheidung schwierig war, ob wirklich Interzellularräume und nicht auch Zellen in der zweiten äusseren Zellschichte vorlagen.

Wellenschlag weiter verbreitet werden. Die in der Testa vorhandenen Lufträume kommen hierbei wenig in Betracht, da auch die gleiche Grösse und gleiche Oberflächenbeschaffenheit besitzenden, aber keine Lufträume enthaltenden Samen der beiden untersuchten terrestren Arten, sich wie die Samen von Hypericum elodes verhalten. Letztere sinken dann bald, etwa nach drei Tagen, unter und überwintern im schlammigen Boden. Gegen Fäulnis schützt sie die Beschaffenheit der Testa und insbesondere die sklerosierte Zellschichte derselben. Im nächsten Frühjahr gelangen die Samen zur Keimung; die von mir im trockenen Raume überwinterten und im Februar ausgesäten Samen keimten schon nach zwölf Tagen, Trockenheit während der Samenruhe hebt demnach die Keimfähigkeit nicht auf.

Ueber die Entwicklung der Keimpflanze von Hypericum elodes habe ich in der Literatur keinerlei Angaben vorgefunden. Da mir die verschiedensten Stadien von eben keimenden Samen an bis zur beblätterten Pflanze zur Verfügung standen, so konnte ich die Keimung und Weiterentwicklung des Keimlings ausgiebig verfolgen. Die Keimung geht folgendermassen vor sich. Der Embryo durchbricht mit seinem dicken Würzelchen am Funikularende die Testa. Durch starke Streckung des Hypokotyls wird die kurze Wurzel in den Boden eingesenkt. Die längere Zeit eine gedrungene Gestalt behaltende Wurzel bedeckt sich an der Uebergangszone in das Hypokotyl mit einem Kranz von Wurzelhaaren und zwar nachdem der aus der Testa hervorgetretene Teil des Keimlings eine Länge von 900 μ erlangt hat. Jetzt beginnt auch die immer noch kurz gedrungene Hauptwurzel sich mehr zu strecken. Gleichfalls streckt sich das Hypokotyl immer mehr, die Kotyledonen bleiben ziemlich lange in der Samenschale eingeschlossen, die sie aber endlich, nachdem sie ergrünt sind, abstreifen. Sie haben jetzt länglich-eiförmige Gestalt angenommen und dienen, nachdem sie sich ausgebreitet haben, vollständig zur Assimilation. Der Spross entwickelt sich langsam;

nach einem Monat erscheinen die ersten Laubblätter und zugleich mit diesen an der Uebergangsstelle in das hypokotyle Glied die erste Nebenwurzel. Die bald nachfolgenden zahlreichen Nebenwurzeln überholen bald die Hauptwurzel beträchtlich an Länge.

Elatineen.

Aus dieser Familie wurden die vier einheimischen Elatinearten untersucht. nämlich Elatine Alsinastrum L., Elatine triandra Schkuhr, Elatine hexandra L. und Elatine Hydropiper L. Sie sind Sumpfpflanzen, die aber auch mit Leichtigkeit submerse Wasserformen bilden. Da es einheimische terrestre Arten der Familie nicht gibt, so wurde die in Aegypten einheimische strauchartige Bergia erecta Guill. vergleichshalber zur Untersuchung herangezogen. Die wichtigste Literatur über die Samen der genannten Pflanzen ist folgende:

Seubert, Elatinorum monographia, in Nov. act. Acad. Leop. Nat. Cur. XXI, 1845, p. 35.

Müller, Fr., Untersuchungen über die Struktur einiger Arten von Elatine, in Flora 1877, p. 481.

Baillon, Historire des Plantes. T. IX, p. 218.

Elatine Alsinastrum L.

Die kugelförmige Frucht von Elatine ist eine aus einem oberständigen kurzen Fruchtknoten hervorgegangene mehrfächerige Kapsel. An den winkelständigen Placenten sind die zahlreichen Samen in mehreren Längs- und Querreihen andeordnet. Die Kapsel springt septifrag auf.

Die kleinen grünlich-braunen, cylindrischen Samen sind mit neun seichten Längsfurchen versehen, die wiederum quergestreift sind, so dass die Samenoberfläche gitterartig gezeichnet erscheint. Der am Funikularende mit einem kleinen Höcker, dem Nabel, versehene Same

ist nach der Rapheseite etwas übergebogen und ist 750 μ lang und 220 μ breit. Der Same ist aus einer anatropen mit sehr kurzem Funikulus und deutlichem Gefässbündel versehenen Samenanlage hervorgegangen. Sie besitzt zwei Integumente, die aber im allgemeinen undeutlich gegeneinander abgegrenzt sind, nur am Mikropyleende heben sie sich deutlich gegeneinander ab. Das äussere Integument ist vier- bis fünfschichtig, das innere fast durchweg nur zweischichtig.

Die Samenschale, auf deren Bau ich jetzt des näheren zu sprechen komme, ist aus dem äusseren Integumente hervorgegangen. Die Epidermiszellen derselben sind plattenförmig und sehr dünnwandig, in der Flächenansicht rechteckig parallel zur Längsachse des Samens gestreckt und in Reihen angeordnet. Sie sind im reifen Samen collabiert. An sie schliessen sich äusserst grosslumige Zellen an, die in der Flächenansicht rechteckig erscheinen und quer zur Samenlängsachse gestreckt sind, und zwar umgeben neun der Samenlängsachse parallel laufende Zellreihen den ganzen Samen, aus welchem Grunde der Samen auf dem Querschnitt neuneckig erscheint. Diese Zellen sind schon in Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 300 μ stark gegenüber den übrigen Integumentzellen differenziert und schon bedeutend grösser. Die Seitenwände dieser Zellen sind nahe der Innenwand durch je eine leistenartige Verdickung, die schwach verholzt ist und auf dem Querschnitt deutliche Schichtung zeigt, verstärkt. Die Leisten der Seitenwände schliessen in jeder Zelle zu einem quer gestreckten Rechteck zusammen, welches dem Zellumriss in der Flächenansicht vollkommen entspricht, sämtliche Rechtecke zu einem förmlichen Gitterwerk. Auf diese Zellschicht folgt eine braungefärbte Lage flacher, mit undulierten Seitenwänden versehener, stark verdickter und sklerosierter Zellen, die viele Tüpfel aufweisen und deren Zellwände die Träger des braunen Farbstoffes sind. Diese Zellschichte differenziert sich relativ spät; in Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 520 μ sieht man von der Fläche, wie sich die Seitenwände dieser Zellen allmählich wellig auszubuchten beginnen, bald darauf treten dann auch die Tüpfel auf; im gleichen Entwickelungsstadium beginnt auch, wie noch beigefügt sein mag, die Anlage der oben näher besprochenen Leisten in der darüber liegenden (subepidermalen) Zellschicht.

Im reifen Samen fehlt das Nährgewebe bis auf einen geringen Rest, welcher das aus stark collabierten Zellen zusammengesetzte Häutchen zwischen Embryo und Testa bildet.

Die Samenepidermis und die subepidermale Schichte sind in dem reifen Samen bis auf die Verdickungsleisten der subepidermalen Schichte

zusammengesunken, welche letztere die oben beschriebene gitterartige Oberflächenbeschaffenheit des Samens bewirken.

Der walzenförmige, häufig schwach gebogene Embryo ist 520 μ lang und 140 μ breit, seine Kotyledonen sind 200 μ lang. Die Zellen seines Parenchymgewebes enthalten reichliche Mengen von Fett und Aleuron aufgespeichert.

Die Samen von Elatine triandra und Elatine hexandra unterscheiden sich von Elatine Alsinastrum nur durch eine schwach gebogene cylindrische Gestalt, diejenigen von Elatine Hydropiper durch eine halbkreisförmig gebogene, sodass das Mikropyleende ungefähr neben das Chalazaende zu liegen kommt. Auch in anatomischer Beziehung zeigen die Samen dieser drei Arten keine wesentlichen Unterschiede von den Samen der oben eingehend besprochenen Art.

Bergia erecta Guill. et Perr.

Die vergleichshalber zur Untersuchung herangezogene Bergia erecta, eine terrestre Elatinee, besitzt äusserst kleine, nämlich nur 320 μ lange und 140 μ breite Samen mit braun-schwarzer glänzender Oberfläche. Diese haben eine plankonvexe Gestalt und zwar ist die der Raphe gegenüberliegende Seite konvex vorgewölbt.

Die Testa besteht hier nur aus zwei Zellschichten. Die Epidermiszellen besitzen polygonale Gestalt und dünne aus Zellulose bestehende Wände; sie liegen dem reifen Samen wie eine Haut dicht an. Die nach innen folgende Zellschichte wird aus flachen, mit undulierten Seitenrändern versehenen und in der Richtung der Samenlängsachse gestreckten sklerosierten Zellen gebildet, deren stark verdickten Wände viele einfache und verzweigte Tüpfel aufweist und deren Lumen auf dem Samenquerschnitt spaltenförmig erscheint. Nur an der Raphe befindet sich zwischen dieser Zellschichte und der Epidermis noch ein aus wenigen Zellschichten bestehendes Parenchym, welches das Rapheleitbündel einschliesst. Der sklerosierten Zellschichte lagert sich nach innen eine Kutikula und der Nährgewebe-rest in Form einer collabierten Zellschichte an.

Bei Bergia erecta fehlt also im Gegensatz zu Elatine die zweite mit den Verdickungsleisten versehene Zellschichte der Samenschale; die sklerosierte Zellschichte zeigt eine analoge Beschaffenheit und übernimmt wie dort den Schutz des Keimlings.

Die im August reifende Frucht von Elatine ist eine Kapsel, die ihre zahlreichen Samen durch septifrages Aufspringen entlässt. Falls die kleinen Samen ins Wasser gelangen, so schwimmen sie infolge ihrer schweren Benetzbarkeit kurze Zeit auf der Oberfläche desselben und können so durch Wellenschlag verbreitet werden. Die auf dem Wasserspiegel treibenden Samen vermögen auch durch Schwimmvögel, an deren Gefieder sie haften bleiben, weitere Verbreitung finden. Auch die schon im Schlammboden des seichten Gewässers ruhenden Samen werden noch oft durch Wasservögel, an deren Füssen und Schnäbeln sie zugleich mit den Morastklumpen kleben bleiben, nach entfernteren Orten hintransportiert. Die auf dem Wasserspiegel schwimmenden Samen sinken nach einigen Tagen zu Boden, wo sie alsdann überwintern. Die im Schlamme liegenden Samen schützt insbesondere die in der Testa befindliche sklerosierte Zellschichte gegen allzu grosse Feuchtigkeit. Gleichfalls schützt auch die Testa den an trockene Orte gelangten Samen vor zu starker Austrocknung. Die im trockenen Raume überwinterten Samen keimten nämlich nach kurzer Zeit regelmässig aus; eine Winterruhe auf trockenem Orte hat also auf die Keimung keinen schädigenden Einfluss.

Die Keimung, die ich nun schildern will, geht folgendermassen vor sich. Wenige Tage nach der Aussaat durchbricht das Wurzelende des sich streckenden Hypokotyls die Testa am Funikularende des Samens. Die kurze, warzenförmige Wurzel wendet sich sogleich dem Erdboden zu. Das Hypokotyl des Embryos streckt sich sehr schnell, während das Würzelchen, welches an der Uebergangsstelle in das hypokotyle Glied auf einem ringartigen Wulste, dem Wurzelknoten, einen dichten Kranz von langen Wurzelhaaren bildet, längere Zeit kurz gedrungen bleibt. Das Hypokotyl streckt sich mehr und mehr und hebt die Kotyledonen samt der sie noch umschliessenden Testa in die Höhe. Die kurzen Kotyledonen entwickeln sich langsam und bleiben lange von der Samenschale umschlossen. Sie nehmen allmählich schmallineale und

pfriemlich zulaufende Gestalt an und streifen, nachdem sie ergrünt sind, die Testa von ihrer Spitze ab; dies wird bewirkt, indem die Kotyledonen an ihrem unteren Teile bogenartig auseinanderweichen und dadurch die Umhüllung ihrer Spitze abwerfen. Nachdem sie sich ausgebreitet haben, dienen sie dann vollends als Assimilationsorgane. Die längere Zeit kurz gedrungen bleibende Hauptwurzel ist nun auch stark in die Länge gewachsen, wobei sie jedoch dünn und fadenartig geblieben ist. An ihrem Scheitel beziehungsweise an der Basis des Hypokotyls bilden sich nun frühzeitig zahlreiche Nebenwurzeln, die die Hauptwurzel bald durch ihr starkes Wachstum an Länge überholen. Zugleich mit der ersten Nebenwurzel sind auch die beiden ersten lineallanzettlichen sitzenden Laubblätter erschienen, die zu den Kotyledonen gekreuzt stehen.

Lythraceen.

Aus dieser Familie wurde die sich mehr oder weniger amphibisch verhaltende Peplis portula L. und im Anschluss daran auch Lythrum Salicaria L. zur Untersuchung herangezogen. Beide wachsen an feuchten Standorten, Peplis bildet aber auch mit Leichtigkeit submerse Wasserformen. Die wichtigste diesbezügliche Literatur ist folgende:

Koehne, E., Lythraceae, in „Das Pflanzenreich“ (Regni vegetabilis conspectus) IV, 216. Leipzig, 1903.

Koehne, E., in Verh. d. bot. Vereins der Prov. Brandenburg, Jahrg. XIX, 1877, p. 53.

Correns, C., Ueber die Epidermis der Samenschale von Cuphea viscosissima, in Ber. d. dtsch. bot. Gesell. B. X, H. 3, 1892, p. 149.

Grütter, W. Ueber den Bau und die Entwicklung der Samenschale einiger Lythrarineen, Diss. Basel, 1893, p. 11.

Kiärskou, in Willk. et Lange, Prodr. fl. Hisp. III,1, 1874, p. 175.

Peplis portula L.

Aus dem oberständigen Fruchtknoten geht bei Peplis eine zweifächerige, trockenhäutige, unregelmässig aufspringende kapselartige Frucht hervor, die vom bleiben-

den Kelche umgeben ist. Die Frucht enthält zahlreiche Samen, welche sich aus anatropen mit zwei Integumenten versehenen Samenanlagen entwickelt haben. Die kleinen braunen mit glatter Oberfläche versehenen Samen sind 320 μ breit und 530 μ lang. Sie haben einen länglichen Umriss und fast plankonvexe Gestalt und zwar ist die Rapheseite stark konvex vorgewölbt, die dieser gegenüberliegenden Seite dagegen abgeplattet. Die Testa umschliesst unmittelbar, da ein Nährgewebe nicht vorhanden ist, den geraden 460 μ langen Embryo. Die Kotyledonen derselben haben annähernd gleichen Längs- und Breitendurchmesser (300 μ) und sind an der Basis deutlich herzförmig, an der Spitze schwach ausgerandet. Das an seiner Basis keulenförmig angeschwollene Hypokotyl ist bedeutend schmäler als die Kotyledonen.

Ich komme nun zunächst auf den Bau der Samenschale zu sprechen. Dieselbe zeigt an den verschiedenen Stellen des Samens eine ungleiche Dicke. Die Dicke ist am stärksten in der Mitte der konvexen Seite und nimmt von hier aus sukzessive nach allen Seiten hin ab. Die dünnwandigen Epidermiszellen der Testa haben in der Flächenansicht polygonale Gestalt und sind in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt. Im reifen Samen enthalten sie Schleim, der durch Alkohol und Tuschelösung deutlich nachweisbar ist. Von der Innenseite der Aussenwand und zwar an dem der Samenspitze zugewandten Ende, springt in das mit Schleim erfüllte Lumen einer jeden Epidermiszelle ein schwach gekrümmter, schlauchförmiger, verkorkter und ebenfalls mit Schleim erfüllter Körper vor, der in der Richtung der Samenlängsachse orientiert ist. Beim Anfeuchten des Samens stülpen sich diese Körper haarartig aus und geben der Samenoberfläche ein rauhhaariges Aussehen. Auf die Entstehung dieser haarähnlichen eigenartigen Körper und die Ursachen, die ihre Ausstülpung bewirken, werde ich unten ausführlich zu sprechen kommen.

Unter der Epidermis liegt an der Rapheseite ein vier bis fünfschichtiges Parenchymgewebe, in welchem das Gefässbündel verläuft. Die Parenchymzellen enthalten Plasmareste, ihre Wandungen sind verkorkt. Die Dicke dieses Parenchyms nimmt, wie oben schon gesagt wurde, gegen die plane Samenfläche zu sukzessive ab; auf letzterer fehlt das Parenchym völlig. Den inneren Teil der Testa bilden an allen Stellen des Samens (auf der flachen Seite in direktem Anschluss an die Epidermis) drei sklerosierte Zellschichten. Die äusserste derselben besteht aus stark U-förmig verdickten, verholzten und getüpfelten Parenchymzellen, in deren Lumen sich zahlreiche ziemlich

kleine Kalkoxalat-Kristalle befinden. Die Verdickung der Innen- und Seitenwände dieser Zellen geht soweit, das meist nur noch ein kleiner Raum für die Oxalatkristalle im oberen Teile der Zelle vorhanden ist. Nebenher mag bemerkt sein, dass die Kristalle schon sehr früh auftreten, nämlich in Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 200 μ, in welchem Stadium die Zellwandverdickungen noch nicht begonnen haben. Die zwei inneren Schichten des sklerosierten Gewebes werden von faserförmigen in der Richtung der Samenlängsachse gestreckten Zellen gebildet, deren Wandungen bis auf ein kleines im Querschnitt viereckiges Lumen verdickt sind Nährgewebe ist nicht vorhanden, oft ist aber noch ein Rest desselben in Gestalt eines stark collabierten Gewebes sichtbar.

Die Tatsache, dass die zuerst glatten Samen von Peplis beim Anfeuchten mit Wasser rauhhaarig werden, ist bereits von früheren Forschern und zwar zuerst von Kiärskou (l. c. p. 175) beobachtet worden. Die gleiche Eigenschaft ist auch bei anderen Lythraceen bemerkt worden und namentlich von Correns bei Cuphea viscosissima eingehend beschrieben worden. Ich will nun die bereits oben kurz erwähnten haarartigen Bildungen in den Epidermiszellen von Peplis hier einer näheren Betrachtung unterziehen. Um ihre Struktur leichter zu erkennen, ist es nötig, ihre Entwicklungsgeschichte zu verfolgen. Die Epidermiszellen der Samenanlage von Peplis zeigen noch keine Spur von einer Anlage der Haarbildung; diese entsteht in Form von fadenförmigen Zellwandverdickungen erst spät und zwar erst dann, wenn die Epidermiszellen der Samen und letztere selbst fast ihre endgültige Grösse erreicht haben und die inneren Zellschichten der Testa bereits verholzt sind. Die Bildung der eigentümlichen schlauchförmigen Körper kann nur an Samenlängsschnitten beobachtet werden, da wie ja schon oben dargetan, diese in der Richtung der Samenlängsachse orientiert sind. Die Ausbildung derselben verläuft äusserst rasch. Zuerst bemerkt man in den mit Protoplasma bezw. Chlorophyllkörnern erfüllten Epidermiszellen auf der Innenseite der Aussenwand und zwar an ihrem der Samenspitze (Chalazagegend) zugewandten Ende eine dünne fast scheibenartige Verdickung, die durch ein besonderes Lichtbrechungsvermögen auf-

fällt. Die Verdickung wächst rasch fadenartig in der Richtung der Samenlängsachse aus, den Plasmaschlauch an dieser Stelle in gleichem Maſse gegen das Zellinnere einstülpend. Das fadenartige Gebilde ist also eine lokale Wandverdickung. Dieses kann auch durch Hervorrufen von Plasmolyse vermittelst stark verdünnten Glyzerins oder sehr schwacher Jodlösung gezeigt werden; es tritt dann der Plasmaschlauch von der Zellwand zurück, während das fadenartige Gebilde deutlich als lokale Wandverdickung zurückbleibt. Der nun weiter herangewachsene Körper hat zunächst noch eine völlig homogene und massive Struktur, was auf dem Querschnitte ersichtlich ist; durch Jodlösung wird er braun gefärbt. In diesem Stadium ist das ganze Gebilde noch leicht in Eau de Javelle löslich. Bald tritt aber eine wesentliche Veränderung in der Struktur des Körpers ein, der bislang massive Körper wird allmählich hohl und zwar wird dies dadurch bewirkt, dass seine inneren Partien zu Schleim verquellen; die äussere Wandung wird kutinisiert. Den Verlauf dieser Metamorphose des in Rede stehenden Körpers kann man an Querschnitten durch die verschiedenen Entwicklungsstadien des Körpers, die man gut an Samenquerschnitten erhält, beobachten. An den kreisrunden Querschnitten der nicht völlig entwickelten Körper lässt sich mit Chlorzinkjod leicht nachweisen, dass der Körper fast ganz aus Zellulose besteht, nämlich bis auf eine äusserste Lamelle, die sich mit dem Reagens gelblich färbt und sohin sehr schwach verkorkt ist. Analoge Querschnitte durch den völlig ausgebildeten Körper, die mit Alkohol behandelt sind, zeigen eine körnig-griesige innere Masse und eine scharf von dieser abgegrenzte Wandung; die letztere besitzt im nicht gequollenen Zustande enge Längsfalten, auf dem Querschnitte erscheint sie daher schwach gezackt. Die Wandung ist verkorkt und färbt sich mit Chlorzinkjod gelb, der das Lumen erfüllende Schleim mit gleichem Reagens blau.

Ich komme jetzt des näheren auf das Austreten der schlauchförmigen Körper in Form von Haaren aus den

Epidermiszellen und auf die Ursachen, welche dies Austreten bedingen, zu sprechen. Da es oft viele Stunden dauert, bis sich nach dem Zufluss von gewöhnlichem Wasser aus den unverletzten Epidermiszellen die Haare hervorzustülpen beginnen, so erwähne ich, dass durch Zufliessen vom warmen Wasser der Vorgang beschleunigt werden kann. Zunächst schwellen die Epidermiszellen infolge des in ihnen enthaltenden Schleimes etwas an; die Aussenwände biegen sich schwach konvex nach aussen vor. Plötzlich platzt die Aussenwand über der Insertionsstelle des schlauchförmigen Körpers infolge starker Quellung des in diesem eingeschlossenen Schleimes. Diese Schleimmasse tritt heraus. So erscheint der schlauchförmige Körper nun als eine leere Papille oder besser als ein leerer langer haarförmiger Körper, welcher in der Schleimmasse der Epidermiszelle eingeschlossen ist. Durch Quellung der letzteren beginnt nun der nach innen gerichtete haarartige Körper sich nach aussen auszustülpen, sodass schiesslich ein Haarkörper entsteht, dessen Aussenfläche der Innenfläche des schlauchförmigen Körpers entspricht und der im übrigen wie ein gewöhnliches Haar der Samenepidermis aussieht. Die Ausstülpung beginnt an der Basis und schreitet sukzessive gegen die Spitze des Schlauches fort. Der sich hervorstülpende Haarkörper erscheint zuerst als kurzer dann als längerer offener Zylinder, bis er schliesslich nach der völligen Umstülpung einen geschlossenen Haarkörper darstellt.

Aus dem Vorausgehenden geht hervor, dass das Hervortreten der Haare durchaus nicht an das Leben der Epidermiszellen gebunden ist, sondern nur eine Erscheinung rein physikalischer Natur, ein einfacher Quellungsvorgang ist. Dies lässt sich auch dadurch beweisen, dass bei Samen, die jahrelang trocken aufbewahrt sind oder längere Zeit in Alkohol oder Glyzerin gelegen haben, noch ein Ausstülpen der Haare, wenn auch nicht so regelmässig, stattfindet.

Lythrum Salicaria L.

Die gleichfalls untersuchten plankonvexen Samen von Lythrum Salicaria weisen wenige Verschiedenheiten gegenüber denen von Peplis auf. Auch bei Lythrum zeigt die Testa an den verschiedenen Stellen des Samens eine ungleiche Dicke und ebenfalls ist auch hier die Dicke in der Mitte der konvexen Seite am stärksten, und nimmt von hier aus sukzessive nach allen Seiten hin ab. Die Samenepidermiszellen dieser Art sind stärker in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt und zwar übertrifft ihre Länge ihre Breite ungefähr um das vier- bis fünffache. Auch sie führen als Inhalt Schleim und einen gleichen Haarkörper, wie die Epidermiszellen der Testa bei Peplis. Das nun nach innen folgende Parenchym, wie auch die bei dieser Art gleichfalls vorhandene, aus U-förmig verdickten und Calciumoxalat-Kristalle führenden Zellen bestehende Schichte, und die auf diese folgende sklerosierte Zellschichte zeigen die gleiche Struktur, wie die analogen Zellschichten in der Testa von Peplis. Die innerste sklerosierte Zelllage der Testa unterscheidet sich in der Weise von der bei Peplis beschriebenen, dass ihre Zellen, die zwar auch stark in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt sind, nicht allseitig verdickte Wände aufweisen, sondern dass nur ihre Innen- und Seitenwände verdickt sind. Letztere werden nach aussen dünner, so dass die Zellen auf dem Querschnitte U-förmig verdickt erscheinen.

Die übrigen Verhältnisse sind dieselben wie bei Peplis. Das Austreten der haarartigen Schläuche erfolgt auch in der gleichen Weise wie dort.

Die trockenhäutige Kapsel der Landform von Peplis portula entlässt ihre Samen durch unregelmässiges Zerreissen ihrer Wandung, bei der submersen Wasserform werden die Samen meist durch Fäulnis der Kapselwand in Freiheit gesetzt. Wie schon Koehne (l. c. Verh. p. 53)

angibt, hat die beim Anfeuchten mit Wasser eintretende Haarbildung an der Oberfläche der Samen von Peplis und anderer Lythraceen den biologischen Zweck, durch Ausübung eines Druckes auf die Kapselwand deren Zerreissen oder Aufplatzen zu unterstützen.

Die ins Wasser gelangten Samen von Peplis schwimmen ein bis zwei Tage auf der Oberfläche desselben und können so durch Wellenschlag weitere Verbreitung finden. Die wenn auch kurze Dauer der Schwimmfähigkeit wird jedenfalls durch die zahlreichen aus den Epidermiszellen hervorgetretenen Haare unterstützt, wodurch eine erhebliche Vergrösserung der Samenoberfläche und Berührungsfläche mit dem Wasser ohne irgendwelche Gewichtsvermehrung veranlasst wird. Nach dem Fortreiben sinken die auf dem Wasser schwimmenden Samen sofort unter. Aber auch dadurch, dass die Haare als Haftorgane dienen, wird durch diese sicher die Verbreitung der Samen, besonders durch Wasservögel, begünstigt.

Die im Schlamme des Gewässers ihre Samenruhe durchmachenden Samen sind durch die zahlreiche Kristalle führende sklerosierte Zellschichte der Testa gegen Tierfrass geschützt; die gesamte Hartschicht der Testa schützt den Embryo vor allzu grosser Feuchtigkeit.

Die Samen beginnen anfangs April zu keimen; erwähnenswert ist, dass trocken aufbewahrte Samen in gleicher Zeit wie unter Wasser aufbewahrte keimten, ein Zeichen, dass Trockenheit während der Samenruhe die Keimfähigkeit des Samens nicht beeinträchtigt. Die Keimung geht folgendermassen vor sich. Infolge Streckung des hypokotylen Gliedes des Embryos durchbricht das Würzelchen am Mikropyleende die Testa und wendet sich gleich der Erde zu, in welche es sodann eindringt. An der Uebergangsstelle in das Hypokotyl schwillt die kurze gedrungene Wurzel etwas an und bedeckt sich auf diesem ringartigen Wulste mit einem dichten Kranz von Wurzelhaaren. Allmählich wächst die Wurzel mehr und mehr in die Länge. Währenddessen haben bereits die Kotyledonen durch bogenartiges Auseinanderweichen an

ihrer Basis die Testa abgestreift und dienen nun, nachdem sie sich ausgebreitet haben und ergrünt sind, als Assimilationsorgane. Sie haben annähernd gleichen Längs- und Breitendurchmesser und sind an der Basis deutlich herztörmig. Zugleich mit dem ersten Laubblattpaare tritt auch die erste Nebenwurzel auf, der bald andere folgen und die Funktion der Hauptwurzel, die schliesslich abstirbt, übernehmen.

Oenotheraceen.

Aus dieser Familie gelangte die in langsam fliessenden Gewässern wachsende Isnardia palustris L. zur Untersuchung und ausserdem Epilobium palustre L., ein mehr sumpfiges Gelände als Standort bevorzugendes Gewächs. Vergleichshalber wurde noch ausserdem das an trockenen Standorten wachsende Epilobium angustifolium L. zur Untersuchung herangezogen. Die wichtigste Literatur über die Samen genannter Pflanzen ist folgende:

Holfert, die Nährschicht der Samenschalen, in Flora, 1890, p. 16.
Marloth, Ueber mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von aussen, in Engl. Jahrb. IV, 1883, p. 228.

Isnardia palustris L.

Die Frucht von Isnardia ist eine aus einem unterständigen Fruchtknoten hervorgegangene, kurze verkehrt eiförmige, dünnhäutige und schwach vierkantige Kapsel, die von den bleibenden Kelchzipfeln und dem Griffelrest gekrönt ist. Sie öffnet sich septizid und enthält zahlreiche eiförmige glänzend braune Samen mit stark hervortretender Raphe, die 720 μ lang und 320 μ breit sind. Sie sind aus anatropen mit zwei Integumenten versehenen Samenanlagen hervorgegangen. Die Samenschale umgibt, da ein Nährgewebe fehlt, unmittelbar den grossen walzenförmigen, mit langen Kotyledonen versehenen, 620 μ langen und 230 μ breiten Embryo.

Ich komme nun des näheren auf die Struktur der Samenschale zu sprechen. Diese wird von aussen durch eine Epidermis abgeschlossen, deren im allgemeinen dünnwandigen Zellen in der Flächenansicht einen rechteckigen Umriss haben und quer zur Längsrichtung des Samens gestreckt sind; nur an der Raphe und der ihr gegenüberliegenden Seite sind etwa vier Zellreihen in der Richtung der Samenlängsachse orientiert. Auf der Innenseite der Aussenwand der Epidermiszellen verläuft in der Mitte eine in der Richtung zur Längsachse der Zellen orientierte Verdickungsleiste, welche an ihrer inneren Oberfläche zahlreiche Höckerchen aufweist. Die Epidermiszellen sind verkorkt und enthalten als Inhalt eine gerbstoffartige Substanz. Auf die Epidermis folgt eine charakteristische Kristalle führende Zellschichte. Die Zellen derselben lassen sich auf dem Querschnitt durch den reifen ganzen Samen nicht mehr erkennen. Die ganze Zellschicht erscheint wie eine dicke verholzte und braungefärbte Membran, in welcher zahllose kleine Oxalatkristalle eingebettet sind. Nach dem Bleichen mit Javell'scher Lauge kann man feststellen, dass die einzelnen kleinen Kristalle von verholzten Membranen umschlossen sind, welche in ihrer Gesamtheit ein feines Netzwerk bilden. Letzteres tritt besonders deutlich hervor, wenn man die Kristalle durch Salzsäure löst. Jüngere Entwicklungsstadien der Samenschale lassen deutlich feststellen, dass die in Rede stehende Zellschichte aus grossen in der Flächenansicht polygonalen Zellen hervorgeht. In dem Protoplasma derselben treten zahlreiche kleine Kristalle auf, und bald darauf wird das eigentümliche die Kristalle in seinen Maschen einschliessende Netzwerk sichtbar, dessen Lamellen zuerst Zellulosereaktion geben und später verholzen. Die nähere Entwicklungsgeschichte konnte ich mangels Material nicht verfolgen.

Auf diese Kristallschicht folgt nach innen der Ueberrest des inneren Integumentes in Gestalt einer Zellschichte, deren schwach verholzten und in der Flächenansicht polygonalen Zellen etwas in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt sind und auf dem Querschnitte ein schmales Lumen aufweisen. Die Innenwände dieser Zellen sind etwas verdickt und auf ihrer Innenseite mit zahlreichen kleinen Höckern besetzt Eine dünne Kutikula trennt, da ein Nährgewebe nicht vorhanden ist, die Testa von dem grossen Embryo. Zu bemerken ist noch, dass an der nach aussen vorspringenden Raphe die Testa stärker aus gebildet ist. Das Raphegefässbündel ist von einigen Schichten schwach verholzter und getüpfelter Faserzellen umlagert.

Das dünnwandige Parenchym des Embryos enthält als Reservestoffe Aleuron und fettes Oel.

Epilobium palustre L.

Die aus einem unterständigen Fruchtknoten hervorgegangene Frucht ist eine langgestreckte schmale Kapsel, die sich lokulizid öffnet. Sie enthält zahlreiche braune längliche Samen mit etwas vorspringender Raphe, die am Mikropyle- und Chalazaende etwas zugespitzt und am letzteren noch von einem langen Haarschopf gekrönt sind. Die Samen sind aus anatropen mit zwei dünnen Integumenten versehenen Samenanlagen hervorgegangen, an deren Chalazaende sich bereits ein dichter und langer Haarschopf vorfindet.

Die zusammengedrückte Testa des reifen Samens hat folgende Struktur. Ihre Epidermis besteht aus in der Flächenansicht polygonalen Zellen, mit durch Zelluloselagerung verdickten und nach aussen papillenartig vorgebogenen Aussenwänden. Nur an der Raphe sind die Epidermiszellen stärker in der Richtung zur Samenlängsachse gestreckt. Sie führen als Inhalt eine braune gerbstoffartige Substanz. Unter der Epidermis liegt zunächst eine Schicht parenchymatischer auf dem Querschnitte stark U-förmig verdickter Zellen, deren Lumen völlig mit vielen kleinen Oxalatkristallen gefüllt ist. Dann folgt eine sklerosierte Zelllage, die aus stark in der Richtung zur Samenlängsachse gestreckten Parenchymzellen besteht. Dieser Schicht lagert sich nach innen eine Lage aus collabierten dünnwandigen und in der Flächenansicht polygonalen Zellen an. Schliesslich folgt noch eine Kutikula und der aus collabiertem Gewebe bestehende Nährgewebe-rest. Bemerkenswert ist noch, dass in der Nähe der Raphe direkt unter der Epidermis sich lange in Schleim eingebettete Bündel von Raphidenschläuchen befinden.

Der gerade Embryo besitzt eiförmige an der Basis herzförmig gelappte und an ihrer Spitze schwach ausgerandete Kotyledonen, die das Hypokotyl an Länge und Breite übertreffen. Das dünnwandige parenchymatische Gewebe des Embryos enthält Aleuron und fettes Oel.

Epilobium angustifolium L.

Da sich in der Unterabteilung Lysimachion Tausch. keine an trockenen Standorten wachsende Epilobium-arten vorfinden, so wurde das zur Unterabteilung Chamaenerion Tausch. gehörige Epilobium angustifolium vergleichshalber zur Untersuchung herangezogen. In morphologischer Beziehung gleicht ihr Same im wesentlichen dem der vorigen Art.

Ueber die Struktur der Testa finden sich bereits einige Angaben bei Holfert (l. c. p. 16). Die Samenschale, deren Bau einige Verschiedenheiten gegenüber Epilobium palustre aufweist, setzt sich folgendermassen zusammen. Im reifen Samen liegt die dünne fest zusammengedrückte Testa dem Embryo wie eine Schicht an, so dass man dieselbe bei weniger eingehender Betrachtung für zwei bis dreischichtig anspricht, wie auch Marloth (l. c. p. 228) es tut. Erst nach Behandlung mit Eau de Javelle werden die fünf verschiedenen Schichten, aus denen sich die Testa zusammensetzt, etwas deutlich sichtbar. Nach aussen hin wird sie durch eine collabierte, aus sehr dünnwandigen in der Flächenansicht kleinpolygonalen Zellen bestehende Epidermis abgeschlossen, unter dieser liegt eine Schicht, deren relativ grossen dünnwandigen Zellen stark in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt sind; einzelne von ihnen sind mit grossen, nämlich 15 μ langen und 1,6 μ dicken Bündeln von Raphidenschläuchen erfüllt. Dieser Schicht liegt nach innen eine aus in der Flächenansicht klein polygonalen Zellen bestehende Schichte an, deren Zellen ein bis zwei etwas grössere Oxalatkristalle führen. Dann folgt eine Lage in der Fläche polygonaler schwach verholzter Zellen, die stark in der Längsrichtung des Samens gestreckt sind und getüpfelte Seitenwände besitzen. Die innerste Schichte der Testa bildet schliesslich eine stark collabierte Zelllage, der nach innen eine Kutikula anliegt

Zwischen Testa und Embryo befindet sich noch der Nährgeweberest, in Gestalt einer Zellschichte, deren in der Fläche polygonale Zellen stark verdickte Aussenwände besitzen, und einem nach innen liegenden völlig collabierten Gewebe. Der Embryo zeigt in morphologischer wie auch anatomischer Beziehung keine wesentlichen Unterschiede gegenüber Epilobium palustre.

Aus den vorstehenden Untersuchungen ist zu entnehmen, dass die Struktur der Samenschale schon innerhalb der Gattung Epilobium nicht unbeträchtliche Verschiedenheiten zeigt, aber auch, dass der Kristallgehalt und die Ausbildung des mechanischen Gewebes bei Isnardia palustris, die dem Wasserleben angepasst ist, weit stärker ist als bei Epilobium, dessen Samen durch den Wind verbreitet werden, und bei dem feuchte Standorte bewohnenden Epilobium palustre immerhin noch stärker, als bei dem an trockenen Standorten vorkommenden Epilobium angustifolium.

Ericaceen.

Aus dieser Familie wurde das an sumpfigen und torfigen Standorten wachsende Ledum palustre L. untersucht und vergleichshalber das in den Alpen heimische Rhododendron ferrugineum L. Als diesbezügliche Literatur ist zu nennen:

Baillon, Histoire des Plantes, Tome XI, p. 130.

Ledum palustre L.

Die aus einem oberständigen Fruchtknoten hervorgegangene Frucht von Ledum ist eine fünffächerige Kapsel, die sich septizid öffnet. Letztere enthält zahlreiche Samen, die aus anatropen Samenanlagen entstanden sind. Die an einem sehr kurzen Funikulus sitzenden Samenanlagen haben länglich-eiförmige Gestalt und besitzen nur ein dickes Integument, dessen Epidermiszellen stark in der Richtung der Längsachse der Samenanlage gestreckt sind. Die innerste Zellschichte des Integumentes ist zu einem Epithel umgewandelt, dessen Zellen durch ihre palisadenartige Gestalt und ihren Inhaltsreichtum besonders auffallen. Ein Gefässbündel ist zur Zeit der Befruchtung noch nicht vorhanden, es bildet sich aber bald nachher.

Die gelblichen, geraden, sägespanartigen Samen sind 1500 μ lang und 250 μ breit und oben und unten in eine lange Spitze ausgezogen. Mit der Lupe erkennt man auf ihrer Oberfläche in der Längsrichtung verlaufende Runzeln. Die Samenschale ist in zwei Teile geschieden. Der äussere, stärker entwickelte Teil umgibt wie ein lockerer Sack den von dem inneren Teil umschlossenen, nur 700 μ langen und 220 μ breiten Endospermkörper. Im Nährgewebe eingeschlossen befindet sich der schlanke zylindrische Embryo, der 470 μ lang und 100 μ breit ist. Seine kleinen, nur als kurze Lappen am Embryo hervortretenden Kotyledonen besitzen nur eine Länge von 90 μ.

Ich komme nun des näheren auf die Struktur der Samenschale zu sprechen. Diese setzt sich, wie schon dargetan, aus einem äusseren und inneren Teil zusammen. Der äussere Teil besteht aus der Epidermis und einem mehrschichtigen collabierten Gewebe und ist in der Gegend der vorspringenden Raphe stärker entwickelt, indem hier das Rapheleitbündel verläuft. Die Epidermiszellen sind sehr stark in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt und 180 - 220 μ lang. Sie besitzen verdickte, schwach verholzte und getüpfelte Innen- und Seitenwände. Die dünnen nicht verholzten Aussenwände der Epidermiszellen sind eingesunken und liegen meist der Innenwand eng an. Der innere Teil der Testa besteht im reifen Samen an den Kanten nur aus einem ziemlich dicken kutinisierten Häutchen, das aus collabiertem Gewebe gebildet ist; an der Spitze und Basis sind hingegen in dem collabierten Gewebe noch mehrere gleichfalls verkorkte Zellschichten zu erkennen.

Das Nährgewebe setzt sich ebenso wie der Embryo aus dünnwandigem Parenchym zusammen, dessen Zellen Aleuron und fettes Oel als Reservestoffe gespeichert enthalten.

Rhododendron ferrugineum L.

Die vergleichshalber zur Untersuchung herangezogenen Samen von Rhododendron weisen in morphologischer und anatomischer Beziehung keine wesentlichen Verschiedenheiten auf. Auch hier kann man einen inneren Teil der Testa, der dem Nährgewebe eng anliegt, und einen äusseren Teil, der wieder sackartig ist, unterscheiden. Der äussere Teil der Testa setzt sich auch hier aus einer Epidermis und einem collabierten Gewebe zusammen. Die Epidermiszellen sind stark in der Richtung zur Samenlängsachse gestreckt und besitzen stark verdickte, verholzte und mit vielen Tüpfeln versehene Innenwände. Die Kutikula der Aussenwand ist dicht mit kleinen Wärzchen besetzt. Der innere Teil der Testa ist wie bei Ledum ausgebildet, nur an der Spitze und Basis etwas stärker wie dort. Die übrigen Verhältnisse sind im wesentlichen die gleichen wie bei Ledum.

Bezüglich der Ueberwinterung und Keimung der Samen von Ledum machte ich folgende Beobachtungen. Die Samen bleiben den Winter über in der Fruchtkapsel

und werden erst im nächsten Frühjahr durch septizides Aufspringen derselben entlassen. Erwähnenswert ist noch, dass die aufrechten Blüten von Ledum nach der Befruchtung durch allmähliches Krümmen ihres Stieles sich nach unten wenden, so dass die Kapseln zur Reifezeit mit ihrer Spitze nach unten hängen; das septizide Oeffnen der Kapsel tritt dann von der Basis, also von oben her ein. Die Hauptverbreitung der leichten sägespanartigen Samen übernimmt dann der Wind. Gelangen sie aber ins Wasser, so schwimmen sie bis zur Keimung auf der Oberfläche desselben und können auch durch Wellenschlag weitere Verbreitung finden. Von mir auf feuchte Sphagnumpolster ausgesäte Samen keimten bereits nach zehn Tagen sehr regelmässig aus. Und zwar durchbricht durch Streckung des Hypokotyls die Wurzel die Testa etwas seitlich am Funikularende. Die Wurzel wendet sich gleich dem Boden zu und bedeckt sich an der Uebergangsstelle in das hypokotyle Glied mit einem Kranz von langen Wurzelhaaren. Nach zwei Tagen streifen die unterdessen herangewachsenen länglich-eiförmigen Kotyledonen, indem sie an ihrem unteren Ende bogenartig auseinanderweichen, die Testa von ihrer Spitze ab. Der weitere Entwicklungsgang der Keimpflanze bietet nichts bemerkenswertes.

Scrophularineen.

Aus dieser Familie wurden Veronica Beccabunga L., Veronica Anagallis L. und Limosella aquatica L. untersucht. Diese Pflanzen verhalten sich mehr oder weniger amphibisch; sie sind Sumpfpflanzen, die aber mit Leichtigkeit submerse Wasserformen bilden. Vergleichshalber wurde als terrestre Form die auf trockenem Sandboden wachsende Veronica agrestris L. zur Untersuchung herangezogen. Die wichtigste Literatur über die Samen der genannten Pflanzen ist die folgende:

Bachmann, E. Th., Darstellung der Entwicklungsgeschichte und des Baues der Samenschale der Scrophularineen, in Nov. act. acad. Caes. Leop-Carol. XLIII. Halle, 1881, p. 128.

Baillon, Histoire des Plantes. T. IX, 1888 p. 394.

Chatin, J. Etudes sur le développement de l'ovule et de la graine, dans les Scrofularinées etc., in Ann. d. sc. nat., Ser. V, 1874. p. 32.

Elfert, W., Morphologie und Anatomie der Limosella aquatica L. Diss. Berlin, 1895, p. 39.

Kerner, Pflanzenleben II. p. 602.

Veronica Beccabunga L. und Anagallis L.

Die Frucht von Veronica Beccabunga ist eine seitlich zusammengedrückte mit schmaler Spindelwand versehene Kapsel, die lokulizid aufspringt. Sie enthält zahlreiche kleine gelbliche Samen, die eine plankonvexe Gestalt besitzen und 420 μ breit und 600 μ lang sind. An ihrem Funikularende macht sich ein braunes Höckerchen bemerkbar, ein zweites ungefähr in der Mitte der Planseite; ersteres ist die Nabel- und letzteres die Chalazastelle. Um die Struktur des Samens und besonders die seiner Schale leichter zu erfassen, ist es nötig, die Entwicklungsgeschichte zu verfolgen.

Der Samen geht aus einer anatropen mit einem einzigen Integument versehenen Samenanlage hervor, deren Mikropylekanal nur undeutlich zu erkennen ist; das Gefässbündel der Raphe ist in der jungen Samenanlage noch nicht vorhanden, erst bei einem Längsdurchmesser derselben von 300 μ wird ein solches sichtbar. Vor der Befruchtung hat das einzige Integument im allgemeinen nur vier Schichten, von denen die Epidermis durch die Grösse und auch die Gestalt ihrer Zellen gegenüber den subepidermalen Lagen ausgezeichnet ist. Nach der Befruchtung zählt das Integument fünf Schichten, die innerste Schichte hat sich differenziert und besteht aus sehr kleinen mit dichtem Plasma erfüllten Zellen. Im Integument gehen zunächst nur geringe Veränderungen vor sich, die Zellen vergrössern sich etwas, bleiben aber im Querschnitt fast quadratisch. Der Embryosack dagegen vergrössert sich und wächst schlauchartig nach dem Chalazaende aus, tief in das Integument hinein. Direkt unter der Mikropyle machen sich einige etwas grösser lumige Zellen bemerkbar, die einen braunroten gerbstoffartigen Stoff enthalten, der ähnlich dem Rhamnocathartin durch Eau de Javelle und Kalilauge eine schön rote Farbe annimmt.

In Samenanlagen vom Längsdurchmesser von 350 μ tritt in den Epidermiszellen und in der darauffolgenden Schichte reichlich gross-

körnige Stärke auf, die Aussenwand der Epidermis verdickt sich etwas. Jetzt beginnt die Anlage einer Schleimmembran in der Epidermis und zwar werden Schleimschichten der Aussenwand angelagert

Im gleichen Stadium tritt auch eine höchst bemerkenswerte Formveränderung der Samenanlage auf: Dieselbe wächst nämlich bedeutend in die Länge, man bemerkt aber, dass das Wachstum auf der der Raphe gegenüberliegenden Seite der Samenanlage am stärksten ist; infolge dessen krümmt sich dieselbe so, dass die Raphe die Konkavität bildet. Jedoch haben nicht alle Punkte der der Raphe gegenüberliegenden Seite die gleiche Wachstumsenergie, sondern dieselbe ist in der der Chalaza sehr nahe liegenden und von der Mikropyle weit entfernten Region am stärksten. Dadurch wird bewirkt, dass sich die Rapheseite nicht in ihrer ganzen Länge gleichmässig krümmt, sondern am Ende der Raphe am stärksten. Durch diese einseitige Wachstumserscheinung erhält der reife Samen eine schildförmige Gestalt, auch wird hierdurch bewirkt, dass beim reifen Samen die Chalazastelle seitlich an der Planseite als ein braunes Höckerchen zu sehen ist.

Im gleichen Wachstumsstadium ist noch erwähnenswert, dass die Epidermiszellen der schon zur Zeit der Befruchtung an der Basis einer jeden Samenanlage vorhandenen halbkugeligen Ausstülpungen der Placenta zu einem Wasser speichernden Gewebe geworden sind, dessen Zellwände starke spiralige Verdickungen aufweisen.

In Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 450 μ hat sich das Integument schon sehr verändert. Mit Ausnahme der Epidermiszellen, sind die übrigen Integument-Zellen schon ziemlich collabiert infolge des starken Druckes des anwachsenden Endosperms bezw. Embryos. Die Bildung der sekundären Wandverdickungen in den Epidermiszellen ist schon zum Teil erfolgt und schreitet nun rasch vorwärts. Im gleichen Masse wie die Verdickungsschichten angelegt werden, verschwindet die Stärke in dem immer kleiner werdenden Zelllumen. In diesem Stadium zeigen zahlreiche Stärkekörner Korrosionen; sie werden zur Bildung der sekundären Membranverdickungsschichten aufgebraucht.

Im reifen Samen besteht die Testa aus einer einzigen Zellschicht, der Epidermis; nur in der an der planen Seite vom Funikularende bis zum Chalazahöckerchen verlaufenden kurzen Raphe ist die Testa reicher zellig. Die Aussenwände der Epidermis sind stark verschleimt, die im trockenen Samen gallertartig aussehenden Schleimschichten erfüllen das ganze Zelllumen. Die stark verdickten Innenwände der Epidermiszellen sind verkorkt und Träger eines braunen Farbstoffes; ausserdem erscheinen sie durch ihre zahlreichen kleinen Höcker und Vorsprünge körnig punktiert. Die Seitenwände sind dort, wo sie an die Innenwände stossen, ebenfalls verdickt, nach aussen hin allmählich dünnwandig.

Bei Wasserzutritt quellen die verschleimten Epidermiszellen auf, wobei eine deutliche Schichtung in der verschleimten Aussenwand auftritt. Schliesslich verquellen die letzteren vollkommen, sodass von den Epidermiszellen nur die Innen- und Seitenwände übrig bleiben. Der Schleim färbt sich mit Jodlösung gelb und gehört sohin in die Reihe der echten Schleime Tschirchs; die bekannte Tuschereaktion tritt gleichfalls deutlich auf.

Auf die einschichtige Testa folgt das drei- bis fünfschichtige dickwandige, harte Endosperm; es besteht aus parenchymatischen Zellen, die Aleuron und fettes Oel enthalten. Gegen den Embryo hin ist das Endosperm durch ein dünnwandiges obliteriertes Quellgewebe abgeschlossen. Der Embryo hat walzenförmige Gestalt, ist 350 μ lang und 120 μ breit; die Kotyledonen sind 150 μ lang. Das dünnwandige Parenchymgewebe des Embryos enthält dieselben Reservestoffe wie das Nährgewebe.

Die Untersuchung der Samen von Veronica Anagallis L. ergab, dass diese in morphologischer und anatomischer Beziehung denen der oben eingehend besprochenen Art vollkommen gleichen.

Veronica agrestris L.

Vergleichshalber gelangten die Samen der auf trockenem Sandboden wachsenden Veronica agrestris zur Untersuchung. Auch bei dieser Art besteht die Testa, abgesehen von der Raphegegend, nur aus der Epidermis und weiter sind auch hier die Epidermiszellen stark verschleimt, sie unterscheiden sich aber in manchen Punkten von denen der zuerst beschriebenen Arten.

Die Epidermiszellen von Veronica agrestris besitzen in der Flächenansicht eine fast isodiametrische Gestalt. Die verschleimten Aussenwände dieser Zellen erscheinen im Glycerinpräparat stark gallertartig verdickt; doch sind deutliche Zelllumina mit Protoplasmaschläuchen zu erkennen. Besonders bemerkenswert ist, dass die Aussenwand nicht in allen ihren Teilen verschleimt ist, sondern dass sie einen aus Zellulose bestehenden Spiralfaden einschliesst. Die Umgänge dieses Spiralfadens machen sich im Glycerinpräparat als eine parallel zur Aussenwand sichtbare Streifung bemerkbar. Bei Wasserzufuhr und besonders deutlich nach Zuführung von wässriger Safraninlösung wird infolge der Quellung der verschleimten Teile der Aussenwand die Spirale ausgerollt. Dass dieser Spiralfaden sich mit Jod und Schwefelsäure blau färbt, ist schon angedeutet worden. Die Entwicklung desselben hängt jedenfalls damit zusammen, dass die jungen Epidermis-

zellen papillös sind und dass eine von den Verdickungsschichten, welche beim weiteren Dickenwachstum der Aussenwand die Ausfüllung der Papille bewirken, ihre Zellulosenatur beibehält und nicht verschleimt. Die Innenwände der Epidermiszellen sind dünn und nicht gekörnt.

Der Testa lagert sich nach innen direkt das Nährgewebe an. Die Epidermiszellen des letzteren sind von den übrigen Endospermzellen verschieden. Sie sind nämlich im reifen Samen kleinlumige, inhaltslose Zellen, deren dünnen Wände verkorkt sind. Die Differenzierung dieser epidermalen Endospermzellenlage beginnt schon frühzeitig, und zwar in Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 950 μ. Im übrigen besteht, wie bei Veronica Beccabunga, das Nährgewebe aus dickwandigem Parenchym, dessen Zellen mit Aleuron und fettem Oel vollgepfropft sind.

Beigefügt soll noch sein, dass die Samen zahlreicher terrestrer Veronicaarten von Bachmann untersucht worden sind und diese zum grösseren Teil eine Schleimepidermis besitzen.

Die seitlich zusammengedrückten Kapseln von Veronica Beccabunga springen lokulizid auf. Bei dieser wie auch bei den beiden anderen heimischen Arten von gleichem Standort, nämlich Veronica Anagallis L. und Veronica scutellata L. geschieht die Verbreitung der Samen meist durch Vermittlung des Wassers. Wie schon Kerner (l. c. p. 602) beobachtet hat, öffnen sich die Kapseln bei diesen drei amphibischen Veronicaarten erst wenn sie vom Regen ganz durchnässt sind, während hingegen die Kapseln der terestren Veronica-Arten sich stets bei trockenem Wetter öffnen, so dass bei diesen die Verbreitung der überaus kleinen Samen vielfach durch den Wind erfolgt. Die auffallende Erscheinung, dass die Kapseln der drei amphibischen Arten sich erst im durchnässten Zustande öffnen, hat wohl, wie Kerner angibt, den Zweck, dass die Samen durch das Regenwasser auf das feuchte Erdreich des Sumpfes oder in das seichte Gewässer des Baches oder Tümpels, das den günstigsten Standort dieser Pflanzen bildet, gespült werden. Denn würden sich die Kapseln auch bei trockenem Wetter öffnen und der Wind würde wie bei den terrestren Arten als Verbreitungsmittel der

Samen dienen, so laufen letztere Gefahr, an trockene Orte zu gelangen, wo sie zugrunde gehen würden.

Ins Wasser gelangt sinken die Samen infolge ihrer Schwere sofort zu Boden. Aber auch von hier aus können sie noch weitere Verbreitung finden. Denn die in Schleim eingehüllten im Schlamme oder feuchter Moorerde liegenden Samen werden oft insbesondere durch die zur Tränke an das Ufer der Gewässer kommenden Wasservögel verbreitet, indem sie zugleich mit den Morastklumpen an den Füssen derselben kleben bleiben.

Die Samen von Veronica Beccabunga sind sofort nach der Reife keimfähig; es keimen deswegen die ins Wasser gelangten Samen nach einigen Tagen bereits aus; ich fand schon im August weit vorgeschrittene Keimpflanzen, die bereits die ersten Laubblätter besassen. Dies ist besonders bemerkenswert, da der Same, wie wir aus der anatomischen Beschreibung ersehen haben, besonderer Schutzeinrichtungen in der Samenschale entbehrt. Die bei den amphibischen und den terrestren Arten vorkommende harte Beschaffenheit des Nährgewebes, welche mit dem Vorhandensein dicker kollenchymatischer Zellwände zusammenhängt, kann als Schutzeinrichtung nur für die terrestren Arten in Betracht kommen. Trocken behält der Same lange seine Keimfähigkeit. So keimten Samen, die $1^1/_2$ Jahre im trockenen Raume aufbewahrt und dann ins Wasser gebracht waren, nach vier Tagen, also fast ebenso schnell wie frische Samen, regelmässig aus. Gewiss ein Zeichen, dass die trockenen Samen eine recht lange Samenruhe ertragen, ohne dass ihre Keimfähigkeit aufgehoben wird, ja nicht einmal ihre Auskeimung verzögert wird.

Die Keimung, die ich nun schildern will, vollzieht sich folgendermassen. Die im Wasser sofort zu Boden gesunkenen Samen keimen schnell, schon nach drei bis vier Tagen sehr regelmässig aus. Ebenso schnell erfolgt die Keimung auf feuchtem Erdreich und zwar in der Weise, dass der aus der Epidermis hervorquellende Schleim den Samen am Keimbett festklebt und das Eindringen

des Würzelchens in den Erdboden sichert. Durch Streckung des hypokotylen Gliedes wird die Testa am Funikularende gesprengt; das heraustretende Würzelchen wendet sich sofort dem Erdboden zu und bedeckt sich, sobald der aus der Testa herausgetretene Teil des Embryos eine Länge von 600 μ erlangt hat, an der Uebergangsstelle in das hypokotyle Glied mit einem dichten Kranz von langen Wurzelhaaren, die die Keimpflanze im Erdboden befestigen. Dann streckt sich das Hypokotyl mehr und hebt die Kotyledonen mit der Plumula nach oben. Die kurzen Kotyledonen entwickeln sich langsam und bleiben ziemlich lange vom Nährgewebe und der Testa umschlossen: sie nehmen allmählich länglich-eiförmige Gestalt an und fungieren, nachdem ihre unteren Teile schon ergrünt sind, mit ihren Spitzen noch als Saugorgane. Nachdem das Nährgewebe aufgebraucht ist, wird die Testa abgestreift und die Kotyledonen beginnen, sobald sie sich ausgebreitet haben, als Assimilationsorgane zu funktionieren. Zugleich mit dem ersten gestielten Laubblattpaar, das bald erscheint, tritt die erste Nebenwurzel auf. Die Hauptwurzel, die anfangs stark in die Länge gewachsen ist, dabei aber dünn und fadenartig bleibt, wird bald von den zahlreichen Nebenwurzeln, welche sich an der Uebergangsstelle in das Hypokotyl bilden und ein sehr starkes Wachstum zeigen, überholt.

Limosella aquatica L.

Die kahle braungefärbte Frucht von Limosella ist eine Kapsel mit septifrager Dehiscenz. Sie geht aus einem bauchig angeschwollenen, zweifächerigen, oberständigen Fruchtknoten hervor, der eine dicke zentrale Placenta mit zahlreichen Samenanlagen besitzt. Die aus diesen hervorgangenen kleinen, braunen, eiförmigen Samen, sind durch einen kleinen braunen Nabelstrang kurzgestielt. Das Chalazaende ist in einen kleinen spitzen und gleichfalls dunkleren Schnabel ausgezogen. In der Richtung der Längsachse verlaufen an der Oberfläche des Samens

sechs seichte breite Furchen, die durch feine Rillen quergestreift sind. Auf dem Querschnitt erscheint der Umriss des Samens mit sechs schwachen annähernd gleichen Lappen und ebensolchen Buchten versehen. Die dünne häutige Samenschale umgibt das harte Nährgewebe, in dem der grosse gerade Embryo eingebettet ist.

Um die Struktur des Samens und seiner Schale leichter zu erfassen, ist es nötig, näher auf die Entwicklungsgeschichte einzugehen. Der Samen geht aus einer hemianatropen und an verschiedenen Stellen, aber stets näher der Chalaza als der nach unten gerichteten Mikropyle angehefteten Samenanlage hervor; der Nabelstrang entspringt also seitlich am Körper der Samenanlage, und letztere kann deswegen nicht wie Elfert (l. c. p. 39) schreibt, als gerade und hängend bezeichnet werden. Die Samenanlage besitzt kein Gefässbündel und nur ein Integument, welches zur Zeit der Befruchtung aus vier Zellschichten besteht, die mit Stärke dicht erfüllt sind. Die Epidermiszellen treten schon stark hervor, und sind bedeutend grösser als die übrigen Zellen des Integumentes; sie sind im Quer- und Längsschnitte rechteckig, in der Flächenansicht fünf- bis sechseckig. Am Chalaza- und Mikropyleende der Samenanlage fallen im Inneren des Integumentes einige grosse und inhaltsreiche Zellen besonders ins Auge.

In Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 280 μ haben sich die Epidermiszellen schon vorwiegend in tangentialer Richtung gestreckt und zwar in der Richtung der Querachse der Samenanlage. Ihr Inhalt ist nur noch in spärlicher Menge vorhanden und zwar vorwiegend Stärke. Ihre Innenwände beginnen sich zu verdicken; die übrigen Zellschichten des Integumentes sind schon stark obliteriert.

Im reifen Samen besteht die Testa nur aus einer einzigen Zellschichte, die übrigen Zellschichten des Integumentes sind vollständig resorbiert, ein kleiner Rest von diesen findet sich nur noch in dem kleinen spitzen Schnabel am Chalazaende und unter dem dunklen gleichfalls etwas vorgewölbten Fleckchen am Mikropyleende, wo er durch seine braunen Zellwände eben die dunkle Färbung veranlasst. Die Testa des reifen Samens ist wie schon bemerkt nur einschichtig; ihre Zellen besitzen in der Flächenansicht annähernd die Form quer zur Längsachse des Samens gestreckter Sechsecke. Die verkorkten Innenwände der Epidermiszellen sind stark verdickt und bestehen aus einer inneren dunkleren und einer äusseren helleren Lamelle, und bedingen die braune Farbe des Samens. Ebenfalls sind die Seitenwände dort wo sie an die Innenwände stossen verdickt und verkorkt. Die Epidermiszellen enthalten Reste von desorganisiertem Plasma.

Am reifen schon aus der Kapsel entlassenen Samen ist meist durch mechanische Einwirkungen, die dünne aus Zellulose bestehende Wand der Epidermiszellen zerrissen oder fehlt ganz. An aus der

Kapsel vorsichtig herauspräparierten Samen ist sie aber noch deutlich sichtbar und stellt eine sehr dünne helle Membran vor, die oft in das Lumen der Zelle eingestülpt ist, ja öfters sogar der Innenwand fast aufliegt.

Auf die einschichtige Testa folgt das aus Parenchymzellen zusammengesetzte ungewöhnlich harte Endosperm und zwar finden sich drei Schichten grösserer dickwandiger Zellen, die mit Aleuron und fettem Oel vollgepfropft sind, und ein bis zwei Schichten dünnwandiges collabiertes sogenanntes Quellgewebe, welches das Endosperm gegen den Embryo abgrenzt.

Letzterer ist länglich walzenförmig von hellgrüner Farbe, 330 μ lang und 100 μ breit, seine Kotyledonen sind 130 μ lang. Er besteht aus Parenchymgewebe, dessen Zellen den gleichen Inhalt aufweisen, wie das Endosperm.

Samenverbreitung und Keimungsbedingungen sind bei Limosella dieselben, wie bei den amphibischen Veronicaarten. Der Samen keimt ebenfalls nach drei bis vier Tagen aus. Die Entwicklung des Keimlings erfolgt in der gleichen Weise, wie bei Veronica Beccabunga.

Lobeliaceen.

Aus dieser Familie wurde Lobelia Dortmanna L. untersucht. Sie ist ein typisch submerses Wassergewächs. Zum Vergleich wurden zwei terrestre Lobelia-Arten herangezogen und zwar Lobelia inflata L. und Lobelia Erinus L. Die wichtigste bezügliche Literatur ist folgende:

I. O. Schlotterbeck, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte pharmakognostisch wichtiger Samen (Lobelia inflata L.), Diss. Bern, 1896, p. 10.

F. H. Billings, Beiträge zur Kenntnis der Samenentwicklung, in Flora 1901, p. 304.

Fr. Buchenau, Morphologische Bemerkungen über Lobelia Dortmanna L., in Flora 1866, p. 33.

Nils Sylvén, Studier öfver organisationen och lefnadssätet hos Lobelia Dortmanna in Stockholm Svenska Vetenskaps Akademie Arkiv för Botanik 1904, Bd. I. p. 377.

Lobelia Dortmanna L.

Die Frucht von Lobelia Dortmanna ist eine trockenhäutige zweifächerige Kapsel von ungefähr länglich eiförmiger Gestalt. Sie reift, was sonst nur bei wenigen Wasserpflanzen der Fall ist, an der Luft und zwar an

langen Inflorescenzachsen über dem Wasserspiegel und springt an der Spitze mit zwei Klappen lokulizid auf. Die zahlreichen Samen sitzen an Placenten, welche den mittleren Teil der Scheidewände einnehmen.

Die Samenanlage von Lobelia Dortmanna besitzt nur ein Integument und ist als annähernd anatrop zu bezeichnen. Von einer typisch anatropen Samenanlage unterscheidet sie sich dadurch, dass sie nur einen kurzen Nabelstrang und keine Raphe besitzt und das Funikularleitbündel in der Nabelgegend endigt, also fast atrop und seitlich angeheftet ist. Was das einfache Integument anbetrifft, so bildet es hier in ähnlicher Weise wie bei vielen Sympetalen die Hauptmasse der Samenanlage und dient als lokales Speichergewebe.

In Samenanlagen mit einem Längsdurchmesser von 130 μ erkennt man innerhalb des dicken Integumentes den Nuzellus als einen kleinen Höcker, welcher von dem primären Embryosack und einer diesen umhüllenden Zellschicht gebildet wird; man sieht auch schon, wie sich die innerste Zelllage des Integumentes zu einem Epithel differenziert. In etwas weiter entwickelten Samenanlagen, zur Zeit der Befruchtung, scheint der nunmehr angewachsene Nuzellus nur noch aus dem primären Embryosack zu bestehen. Das Epithel ist nun deutlich entwickelt und tritt sowohl durch den mit Jodlösung sich tiefbraun färbenden Inhalt, als auch durch die Gestalt seiner Zellen auffällig hervor. Die Gestalt der Zellen ist tafelförmig; auf dem Längsschnitt erscheinen die Zellen palisadenartig gestreckt, in der Flächenansicht dagegen quer gestreckt zur Längsrichtung des Embryosackes in der Samenanlage. Die Angabe von Schlotterbeck (l. c p. 11), dass die Epithelschicht bei Lobelia inflata aus den Nuzellus hervorgegangen ist, ist unrichtig; auch bei dieser Art entwickelt sich das Epithel aus der inneren Epidermis des Integumentes. Das Epithel ist wie noch bemerkt sein mag, ganz deutlich bis in die Mikropylegegend zu verfolgen. Es dient, wie in anderen Fällen dazu, die Nährstoffe des Integumentes dem Embryosack, bezw. dem sich im Embryosacke entwickelnden Nährgewebe (Endosperm) zuzuführen.

Wie die verschiedenen Entwicklungsstadien der Samenanlage zeigen, ist das Integument bei Lobelia gleichsam ein transitorischer Reservebehälter und zwar werden die gespeicherten Stoffe sowohl von dem Endosperm bezw. Embryo wie auch von der Testa verbraucht. Die Obliteration der Integumentzellen findet von innen her statt. Das Zusammenfallen der völlig entleerten Zellen in den ersten Stadien der Samenentwicklung ist die Folge eines Druckes von innen her, von

Seiten des sich vergrössernden reifenden Endosperms bezw. Embryos, während die endgültige völlige Obliteration durch die sich beim Austrocknen zusammenziehende Samenschale bewirkt wird.

Die beiden auffälligen Gebilde, die nach der Befruchtung in der Mikropylen- und Chalazagegend entstehen, sind Auswüchse des Embryosackes, sogenannte Haustorien. Ihre Entwicklungsgeschichte stimmt ungefähr mit der von Billings (l. c. p. 304) bei Lobelia excelsa und Lobelia Cliffordiana beobachteten überein.

Bei Lobelia Dortmanna erfolgt die Entwicklung der Haustorien in folgender Weise. In Samenanlagen vom Längsdurchmesser von 220 μ entstehen aus zwei der Mikropyle zu gelegenen jugendlichen Endospermzellen zwei Zellen mit langen Auswüchsen in der Richtung nach der Mikropyle. Diese beiden Zellen, die sich dicht mit Protoplasma anfüllen, strecken sich immer mehr und wachsen unter Verbreiterung in einen Hohlraum hinein welcher durch Auflösung von Integumentzellen (auch von solchen, welche dem Epithel angehören) entstanden ist, Die Kerne der beiden Zellen liegen in den schlauchförmigen inneren Zellteilen.

Das Haustorium in der Chalazagegend bildet sich auf ähnliche Weise. Auch hier wachsen zu äusserst nach der Chalaza hin gelegene Endospermzellen durch die Epithelschicht und gelangen in einen mit verschleimten Integumentzellen angefüllten sackförmigen Hohlraum, den sie, indem sie sich nach allen Richtungen hin vergrössern, völlig ausfüllen.

Die Haustorien erreichen ihre höchste Entwicklung bei einer Länge von 700 μ, d. i. im fast reifen Samen. Der reife, noch nicht ausgetrocknete Same erreicht nämlich eine Länge von 750 μ, während der reife trockene Same nur 550 μ lang ist. Das Mikropylen-Haustorium ist bedeutend grösser und von anderer Gestalt als das Chalazahaustorium. Im reifen trockenen Samen schrumpfen beide stark zusammen. Sie scheinen demnach ihre ausgedehnteste Tätigkeit während der Entwicklung des ganzen Samens einschliesslich des Embryos zu entfalten und werden zuletzt bei der Keimung mit der Samenschale abgestossen.

Der Suspensor des Embryos geht zwischen den Auswüchsen des Mikropylehaustoriums hindurch und ist in dem oberen Teile desselben fixiert. Es tritt also auf diese Weise der Embryo in direkte Berührung mit dem Mikropylehaustorium, das hier die Rolle eines Ernährungsorganes spielt.

Die kleinen braunen Samen haben länglich eiförmige Gestalt und sind an dem verschmälerten Funikularende gerade abgeschnitten. Sie besitzen eine Länge von 550 μ, am Funikularende sind sie 200 μ, am Chalazaende 250 μ breit. Ihre Oberfläche ist netzig-grubig gestreift. Dies kommt daher, dass die dünnen Aussenwände der Epidermiszellen eingesunken sind, während die verdickten Seitenwände der Testa in der Flächenansicht sich als ein schon mit der Lupe sichtbares Netzwerk bemerkbar machen.

Die Samenschale besteht aus einer stark entwickelten Epidermis und einem unter derselben liegenden zusammengedrückten Gewebe. Die Epidermiszellen sind in der Richtung der Samenlängsachse stark gestreckt, haben einen polygonalen Umriss und greifen mit spitzen Enden keilartig ineinander. Nach dem Funikularende des Samens nehmen sie mehr isodiametrische Gestalt an. Die Aussen- und Innenwände der Epidermiszellen sind dünn. Die Seitenwände sind mit einem breiten und starken Verdickungsband versehen, welches die Seitenwände bis auf je einen schmalen an die Innen- bezw. Aussenwand angrenzenden Rand einnimmt. Dieses Verdickungsband ist stellenweise von Tüpfeln durchsetzt und erscheint nach oben mit einer geraden, nach unten mit einer zackigen Linie abgegrenzt. Die korrespondierenden Verdickungsbänder zweier benachbarter Zellen haben zusammen im Durchschnitt bikonvexe Form und lassen deutlich einen ebenso gestalteten dichten Kern gegenüber einer weniger dichten Aussenschichte erkennen. Der Kern ist gleich der Mittellamelle der Zellen verholzt: er färbt sich mit Phloroglucin und Salzsäure kirschrot. Die aufgelagerte Innenschicht giebt hingegen mit Jod und Schwefelsäure deutliche Zellulosereaktion. Kern und aufgelagerte Schichte sind auch in der Flächenansicht deutlich zu unterscheiden; der Kern als eine dicke von Tüpfeln deutlich durchsetzte Grenzmembran der Epidermiszellen, die angelagerte Zellulosemembran als eine mehr durchscheinende homogene Membran, die ein fadenförmiges Zelllumen übrig lässt.

Der unter der Epidermis befindliche Teil der Testa besteht aus dünnwandigen collabierten verkorkten Zellen. Diese stellen aber nicht wie Schlotterbeck (l. c. p. 13) bei Lobelia inflata angiebt den Nuzellar-

rest (Perisperm) dar, sondern sind aus dem Integumente hervorgegangen; nach Schlotterbeck würde die Epidermis von dem Integumente übrig bleiben, was nicht richtig ist.

Die beiden auffälligen Endospermgebilde am Chalaza- und Mikropyleende sind im reifen Samen stark zusammengeschrumpft, besonders das erstere. Ihr Inhalt hat eine gelb-braune Farbe angenommen und es erscheinen beide jetzt wie eine Zelle, die eine deutliche Membran umgibt, wie durch die Zellulosereaktion nachzuweisen ist, während die gemeinsame Wand der beiden ursprünglich vorhandenen Zellen nicht mehr zu erkennen ist. Die beiden Haustorien haben nun ungefähr die Form eines Steinpilzes; der stielartige Teil dringt in das Endosperm ein, während der hutartige in der Samenschale gelegen erscheint. Der Inhalt zeigt deutliche Eiweissreaktionen: durch Jodlösung nimmt er eine tiefbraune Farbe an, durch Salpetersäure wird er gelb, und nach dem Neutralisieren der Säure mit Ammoniak färbt er sich dunkelgelb. Durch Behandeln mit Aether und Alkohol wird er leicht gelöst.

Das Nährgewebe ist von der Samenschale durch eine kutikularisierte Membran getrennt, es ist stark entwickelt und besteht im reifen Samen aus vier bis fünf Schichten polyedrischer Parenchymzellen, die mit Aleuronkörnchen und fettem Oel stark angefüllt sind. Kristalloïde, welche Schlotterbeck (l. c. p. 18) für die Aleuronkörner von Lobelia inflata angibt, konnte ich bei Lobelia Dortmanna, wie auch bei den übrigen untersuchten Arten, weder durch Färbung mit Eosin noch mit Osmiumsäure nachweisen. Die innerste Schicht des Endosperms allein ist frei von Aleuron und färbt sich nicht mit Jodlösung ihre Zellen sind locker untereinander verbunden, besitzen einen hellen glänzenden Inhalt, und quellen durch Zutritt von Wasser stark

Der gerade walzenförmige Embryo ist 240 μ lang und 90 μ breit und mit sehr kurzen, 60 μ langen Kotyledonen versehen, die sattelförmig auseinander gebogen sind. Sein 180 μ langes Hypokotyl geht in das ganz kurze äusserlich nicht deutlich hervortretende Würzelchen über.

Lobelia inflata L. und Lobelia Erinus L.

Vergleichshalber wurden noch zwei terrestre Arten der Gattung Lobelia untersucht, und zwar die in Nordamerika heimische Lobelia inflata und die in Afrika hei-

mische Lobelia Erinus. Erstere wächst an sumpfigen Standorten, letztere auf trockenem Steinboden, siehe Harvey and Sonder, Flora Capensis III, p. 545. Die Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Samen von Lobelia inflata ist schon ausführlich von Schlotterbeck beschrieben. Die Struktur des Samens der beiden Arten ist im wesentlichen dieselbe wie bei Lobelia Dortmanna. Unterschiede finden sich nur in der Struktur der Samenepidermis. Lobelia Erinus schliesst sich übrigens auch rücksichtlich dieser eng an Lobelia Dortmanna an; die Epidermiszellen der ersteren sind nur stärker in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt und die Verdickungsleisten der Seitenwände mit tieferen Tüpfeln versehen Grössere Verschiedenheiten zeigt Lobelia inflata, insofern die Epidermiszellen in der Flächenansicht mehr polygonal und weniger in der Richtung der Samenlängsachse gestreckt sind; ausserdem sind die Verdickungsleisten der Seitenwände vollkommen glatt und tüpfellos. Beide Arten besitzen, was schliesslich noch bemerkt sein mag, auch ein Mikropylen- und Chalazahaustorium.

Die im August an langen Infloreszenzachsen über dem Wasserspiegel reifende trockenhäutige Kapsel von Lobelia Dortmanna entlässt ihre zahlreichen Samen, indem sie an der Spitze lokulizid mit zwei Klappen aufspringt. Sobald die kleinen Samen ins Wasser gelangen, sinken sie, da ihr spezifisches Gewicht höher ist als das des Wassers, sogleich in demselben zu Boden. Dort ruhen sie im Schlamme, geschützt durch ihre harte Samenschale vor Angriffen von Fäulnisbakterien bis zum beginnenden Frühjahre, in dem sie zur Keimung gelangen. Direckte Anpassung der Samen von Lobelia an das Wasserleben sind nicht vorhanden. Doch schützt jedenfalls die harte Testa die Samen, zumal wenn sie an einen trockenen Ort gelangt sind vor Austrocknung. Auch Einrichtungen, die zur Verbreitung der Samen durch Schwimmen dienen, vermissen wir bei Lobeliasamen, doch

mögen die geringe Grösse und das spezifische Gewicht, das ja höher ist als Wasser, zum Teil die mangelnden Einrichtungen ersetzen. Das hohe spezifische Gewicht beschleunigt das Niedersinken in das vor manchem Feinde schützende Keimbett. Auf kleinen Strecken mag der Wind auch die Samen vertreiben, indem er die langen schlanken Infloreszenzachsen in eine schwingende Bewegung versetzt, wodurch die äusserst kleinen Samen auf geringe Entfernung aus der Kapsel weggeschleudert werden.

Die trocken überwinterten Samen keimten in Wasser gebracht nach acht bis zehn Tagen aus, ein Zeichen, dass eine Winterruhe am trockenen Standorte auf die Keimung keinen schädigenden Einfluss hat. Schon in der Entwicklung weit vorgeschrittene, d. h. schon mit Laubblättern versehene Keimpflanzen hat bereits Buchenau (l. c. p. 33) beobachtet und abgebildet.

Nach meinen Beobachtungen geht die Keimung folgendermassen vor sich. Durch Streckung des hypokotylen Gliedes durchbricht die kurze Wurzel die Samenschale an der Funikularstelle unter Vorstossung des Mikropylehaustoriums und wendet sich zu Boden. An der Uebergangszone in das hypokotyle Glied schwillt sie an und bedeckt sich nach kurzer Zeit, wenn der herausgetretene Embryo etwa eine Länge von 320 μ erlangt hat, auf diesem ringförmigen Wulste, dem sogenannten Wurzelknoten mit zahlreichen Wurzelhaaren, die zur Befestigung der Keimflanze im Erdboden und zu ihrer Ernährung dienen. Bald streifen nun die Kotyledonen die Testa von ihren Spitzen ab und dienen sobald sie ergrünt sind, als Assimilationsorgane. Die Kotyledonen sind kleine lineal-spatelförmige, stumpfe, gelbgrüne Blättchen. Die Wurzel hat sich nun auch in Gestalt eines langen weissen Fadens zur Hauptwurzel entwickelt, die zuweilen verzweigt ist. Die Hauptwurzel besitzt aber schon keine besondere Bedeutung mehr für die junge Pflanze; es werden bald zahlreiche Nebenwurzeln gebildet, die die Funktion der Hauptwurzel mit übernehmen. Die erste

Nebenwurzel tritt an der Hauptwurzel direkt senkrecht unter dem ersten Laubblatte und zwar kurz nach der Entstehung des letzteren auf. Die Laubblätter haben länglich-lineale Gestalt und sitzen an der gestaucht bleibenden vegetativen Achse.

Schlussbetrachtung.

Wie aus der vorliegenden Abhandlung ersichtlich ist, und wie auch bereits aus früheren Untersuchungen hervorgeht, deren Ergebnisse ich unten kurz zusammenstelle, ist eine allgemeine direkte Anpassung der Früchte und Samen der Wasser- und Sumpfpflanzen an ihr Medium nicht zu konstatieren. Die Richtigkeit dieser Behauptung lässt sich am besten beweisen, durch Vergleichung der Früchte bezw. Samen der Hydrophyten mit denen ihrer nächsten terrestren Verwandten, soweit dies möglich ist. Ich habe zu diesem Zweck gleich Fauth in den von mir untersuchten Familien den hydrophytischen Arten vergleichshalber spezifisch xerophytische gegenübergestellt. Es hat sich nun ergeben, wie schon jedesmal am Schluss des einer Familie gewidmeten Abschnittes ausgeführt ist, dass im allgemeinen wesentliche Strukturverschiedenheiten bei den behandelten Früchten und Samen der an extrem verschiedenen Standorten vorkommenden nahe verwandten Arten nicht zu beobachten sind. Wohl sind bei einigen Wasser- und Sumpfpflanzen in der Beschaffenheit der Früchte und Samen Einrichtungen angetroffen worden, welche mit dem Wasserleben zusammenhängen und sich für die Verbreitung der Früchte und Samen, also für die Erhaltung der Pflanzenart nützlich erweisen; dem gegenüber finden wir aber an den Früchten und Samen anderer Hydrophyten keine oder nur äusserst geringe Einrichtungen, die auf eine Adaption an das Medium hinweisen. Hier sei z. B. die doch auffallende Erscheinung erwähnt, dass die Früchte der von mir untersuchten Ceratophyllumarten, wie auch die Samen von Subularia, Isnardia und Lobelia, alles typisch

submerse Pflanzen, absolut keine Schwimmfähigkeit besitzen, während es doch nahe läge, dass gerade bei diesen auf die Drift angewiesenen Gewächsen eine Frucht- und Samenverbreitung durch Schwimmen stattfände. Von einer allgemeinen direkten Anpassung aller Früchte und Samen der submersen und amphibischen Pflanzen an ihr Medium kann deswegen nicht die Rede sein.

Die Fruchtformen der Hydrophyten sind sehr ungleichartige, so treten uns bereits bei den von mir untersuchten Arten die verschiedensten Typen entgegen. Einsamige Schliessfrüchte haben Potamogeton, Zannichellia, Zostera, Najas, Triglochin, Ceratophyllum und Ranunculus, d. s. nur Genera, für die unten das Reifen der Früchte unter Wasser angegeben ist, Kapselfrüchte: Iris, Narthecium, Montia, Hypericum, Elatine, Veronica, Limosella, Ledum, Peplis und Lobelia, balgfruchtartige Teilfrüchte: Scheuchzeria und Bulliardia; eine Beerenfrucht besitzt Calla und ein Schötchen schliesslich Subularia, entsprechend der Zugehörigkeit zu den Cruciferen. Bei fast allen typischen Formen der Wasserflanzen reifen die Früchte unter Wasser. Dies gilt sowohl für die Arten, bei denen die Blüten von Anfang an untergetaucht sind und die Befruchtung submers stattfindet, z. B. Zostera, Najas, Ceratophyllum, Subularia, als auch bei jenen, die ihre Blüten über den Wasserspiegel erheben und erst nach der Befruchtung durch entsprechende Umbiegung des Blütenstieles untertauchen, z. B. Potamogeton, Ranunculus. Nur eine der hier behandelten typisch submersen Arten nämlich Lobelia Dortmanna, die wie alle terrestren Lobeliaceen eine Kapselfrucht besitzt, lässt ihre Früchte an langen Infloreszenzachsen über dem Wasser reifen.

An den Früchten bezw. Samen der Hydrophyten haben wir teilweise Verhältnisse angetroffen, welche für die Verbreitung und den Schutz der Samen, also für die Erhaltung der betreffenden Pflanzenarten von Nutzen sind. Da die typischen Wasserpflanzen auf die Drift angewiesen sind, liegt es nahe, dass ihre Samenverbreitung besonders durch Schwimmen stattfindet. Wie meine

Untersuchungen ergeben haben, besitzen aber bei weitem nicht alle Früchte und Samen ein Schwimmvermögen. Es sind solche mit lang- oder kurzdauernder Schwimmfähigkeit vorhanden, aber auch solche, die im Wasser sogleich zu Boden sinken. Die Ursache der Schwimmfähigkeit ist in allen Fällen der Luftgehalt des Perikarpgewebes, bezw. der Testa, oder die schwere Benetzbarkeit der Samenoberfläche. Unter den von mir untersuchten Früchten und Samen besitzen eine langdauernde Schwimmfähigkeit: Potamogeton, Triglochin, Scheuchzeria, Calla, Iris, Narthecium, Ledum; nur eine kurze Schwimmfähigkeit (2–3 Tage) Zannichellia, Zostera, Najas, Montia, Ranunculus, Peplis, Lythrum, Hypericum, Elatine; absolut kein Schwimmvermögen: Ceratophyllum, Subularia, Isnardia, Lobelia, Veronica. Bemerkenswert ist, dass die zur letzten Kategorie gehörenden Gewächse ausser Veronica typisch submerse Arten sind. Bei diesen, wie auch in zweiter Linie bei den anderen Wasser- und Sumpfpflanzen kommt die Verbreitung durch Wasser- und Sumpfvögel in Betracht. Das Anhaften der Früchte bezw. Samen an dem Gefieder oder den Füssen und Schnäbeln der Wasservögel erfolgt mittels Wasser oder feuchter Erde. Zuweilen wird das Anhaften auch durch eine besondere Ausbildung der Frucht- bezw. Samenepidermis begünstigt, wie dies z. B. bei Najas, Triglochin und Peplis der Fall ist. Schliesslich können die Früchte und Samen bestimmter Wasser- und Sumpfpflanzen nicht nur durch die Wasserdrift, sondern auch durch Wind ihre Verbreitung finden. Ein typisches Beispiel hierfür ist Typha; unter den von mir behandelten Pflanzen sind Narthecium und Ledum zu nennen.

Was die Verhältnisse betrifft, welche zum Schutz des Samens dienen, so hat sich in analoger Weise wie bei der Verbreitung ergeben, dass die Hydrophyten im wesentlichen den gleichen Embryoschutz aufweisen, wie die nächst verwandten terrestren Arten. Bezüglich der Angehörigen der typisch hydrophytischen Pflanzenfamilien sei bemerkt, dass sie durch eine besonders starke

Umhüllung gegen die Gefahren einer langen Samenruhe geschützt sind, bezüglich der Wassergewächse, welchen ein Samenschutz fehlt, dass dieselben in den meisten Fällen in kurzer Zeit keimen.

Zum Schlusse fasse ich noch die biologischen Verhältnisse der Frucht- und Samenschale aller bis jetzt untersuchten Wasser- und Sumpfpflanzen nach Familien*) unter Beifügung der wichtigsten Literatur†) kurz zusammen.

Die Früchte der drei untersuchten *Potameen zeigen verschiedenartige Verhältnisse rücksichtlich ihrer Verbreitung und ihres Samenschutzes. Die Verbreitung dieser Früchte findet besonders durch das Wasser statt, und zwar besitzen die Früchte von Potamogeton infolge der grossen im Perikarp enthaltenen Lufthöhlen ein sehr langes Schwimmvermögen, während die Früchte von Zannichellia und Zostera nur kurze Zeit auf dem Wasser treiben. Auch die Schutzeinrichtung des Embryos ist bei den drei Potameen eine verschiedene. Bei Potamogeton und Zannichellia funktioniert das den Samen wie ein Steinmantel umschliessende Endokarp als Schutz, bei Zostera hingegen die dicke feste Testa und besonders ihre stark entwickelte Epidermis.

---

*) Die von mir untersuchten Familien sind mit einem * versehen.

†) Fauth, Beiträge zur Anatomie etc, Diss., Jena, 1903.

Kölpin-Ravn, Om Flydeevnen hos Froene etc., in Bot. Tidsskrift, B. 19, H. 2, Kopenhagen 1894.

Wilczeck, Beiträge zur Kenntnis des Baues der Frucht und des Samens der Cyperaceen, in Bot. Centralblatt, 1892, T. III.

Dietz, Ueber die Entwicklung der Blüte und der Frucht von Sparganium und Typha, in Biblioth. Bot. H. V, Kassel, 1887

Hegelmaier, Die Lemnaceen, Leipzig, 1868.

Buchenau, Ueber die Sculptur der Samenhaut bei den deutschen Juncaceen, in Bot. Ztg., XXV, p. 201.

Dammer, Verbreitungsausrüstungen der Polygonaceen, in Engl. Jahrb., Bd. XV, p. 260.

Hildebrand, Die Verbreitungsmittel der Pflanzen, Leipzig, 1867, p. 23.

Holzner, Die äussere Samenhaut der deutschen Droseraarten, in Flora 1902, p. 342.

Die nussartige Frucht von Najas (Fam. *Najadeae) besitzt nur ein kurzes Schwimmvermögen. Mit seiner haarartig zerschlitzten Epidermis haftet der Same leicht dem Gefieder der Wasservögel an. Als Schutz des Keimlings dient die feste Samenschale, die mit Ausnahme der Epidermis aus einem dicken und festen Steinzellmantel besteht.

Die untersuchten *Juncagineenfrüchte weisen verschiedenartige Verbreitungs- und Schutzverhältnisse auf. Triglochin besitzt nussartige Teilfrüchte, Scheuchzeria balgfruchtartige Teilfrüchte, welche die Samen nach der Reife entlassen. Die Früchte bezw. Samen beider schwimmen sehr lange auf der Oberfläche des Wassers. Ihr geringes spezifisches Gewicht wird besonders durch das im Perikarp bezw. in der Testa vorhandene mit Luft erfüllte Gewebe bewirkt. Bei Triglochin befindet sich ausserdem noch zwischen Fruchtschale und Samen ein Luftraum. Als Schutz funktioniert bei Triglochin das sklerosierte Endokarp, bei Scheuchzeria die dicke Testa und besonders ihre sklerosierte Epidermis.

Unter den drei von Fauth (l. c. p. 2) untersuchten Alismaceen, nämlich Alisma Plantago, Sagittaria sagittaefolia und Elisma natans, trifft man nur bei den beiden ersten sowohl Einrichtungen zur Verbreitung durch den Wind (flache Gestalt), als auch durch das Wasser (Luftgehalt des Perikarps). Auch bezüglich der Schutzeinrichtungen verhalten sich die Früchte dieser Alismaceen verschieden. Bei allen funktionieren in dieser Hinsicht der kutinisierte dicke Nährgeweberest, bei Alisma und Elisma ausserdem noch mechanische Elemente im Perikarp.

Decrock, Anatomie des Primulacées, in Ann. scien. nat. S. 8, T. XIII, 1901, p. 53.

Warming, Bidrag til Kundskaben om Leutibulariaceen, in Vidensk. Meddelser, Kopenhagen, 1874, p. 45.

Guppy, The River Thames as an Agent in Plant Dispersal, in Journ. of the Lin. Soc. XXIX, 1892/93, p. 333.

Marloth, Ueber mechan. Schutzmittel der Samen etc., in Engl. Jahrb. IV, 1883.

An den Samen von Butomus umbellatus (Fam. Butomaceae s. Fauth p. 12) finden sich keinerlei Verbreitungseinrichtungen; den Schutz des Keimlings übernimmt die feste Samenschale.

Die Familie der Typhaceen enthält nur Hydrophyten. Bei den Früchten der Sparganiumarten sind Einrichtungen, die für das Wasserleben dieser Pflanzen von Nutzen sind, in hervorragender Weise ausgebildet (siehe Kölpin p. 167). In ihrem Exokarp befindet sich ein sehr reichlich entwickeltes lockeres lufterfülltes Parenchymgewebe; die Früchte besitzen deswegen eine lange Schwimmfähigkeit. Den Samen schützt das dicke sklerosierte Endokarp. Die Früchte der Typhaarten (s. Dietz) haben kein besonderes Luftgewebe im Perikarp. Hier ist als Verbreitungseinrichtung der an der Frucht befindliche lange Haarschopf anzuführen, mit dessen Hülfe die Früchte durch den Wind auf weite Strecken verbreitet werden. Den Samenschutz übernimmt hier die dünne, aber elastische Fruchtschale.

An den Samen von Calla palustris (Fam. *Araceae) lassen sich sowohl Verbreitungs- wie Schutzeinrichtungen konstatieren. Die durch Fäulnis der Beere in Freiheit gesetzten Samen, schwimmen sehr lange auf dem Wasser. Als Schwimmgewebe wirken sowohl die zahlreichen direkt unter der Epidermis gelegenen Lufthöhlen, als auch das übrige reich entwickelte luftführende Gewebe der Testa. Auch bleiben die anfangs in eine sehr klebrige Schleimmasse der Fruchtwand eingehüllten Samen leicht am Gefieder der Wasservögel haften. Den Embryo schützt die dicke schwach verholzte Testa; die in ihr vorhandenen zahllosen Raphidenschläuche können als ein Schutzmittel gegen Tierfrass betrachtet werden.

Die von Hegelmaier (l. c. p. 17) untersuchten Samen der Lemnaceen besitzen in ihrer Testa ein lockeres luftführendes Parenchym und infolgedessen ein langes Schwimmvermögen.

An den Samen der Juncaceen hingegen (s. Buchenau p. 201) sind keine besonderen Verbreitungs- und Schutzeinrichtungen zu beobachten.

Die Struktur des Samens von Narthecium (Fam. *Liliaceae) zeigt grosse Verschiedenheiten gegenüber dem Samen von Muscari, der den allgemeinen Typus der Liliaceensamen (s. Marloth p. 230) darstellt. Der Same von Narthecium besitzt ein langes Schwimmvermögen, welches dadurch bewirkt wird, dass der eigentliche sehr kleine Samenkörper locker und sackartig von dem äusseren lufthaltigen Teile der Samenschale umgeben ist. Durch diese Struktur ist auch der Same der Verbreitung durch den Wind angepasst. Den Schutz des Keimlings besorgt die zwar dünne, aber elastische Testa.

Die Samen der beiden hydrophitischen *Irisarten weisen verschiedene Verbreitungseinrichtungen auf, die für das Wasserleben dieser Pflanzen von grossem Nutzen sind. Das geringe Gewicht der Samen, welches mit dem Auftreten eines reichlich entwickelten und mit lufterfüllten Gewebes in der Testa zusammenhängt, und die flache Gestalt derselben, wie auch die Unbenetzbarkeit der Samenoberfläche für Wasser, bewirken ein äusserst langes Schwimmen. Als Schutz des Embryos dient die Testa mit ihrer dickwandigen gerbstofferfüllten Epidermis. Bemerkenswert ist, dass wir an den Samen der untersuchten xerophytischen Irisarten die oben genannten Verbreitungseinrichtungen vermissen.

In der Familie der Cyperaceen finden sich zahlreiche an feuchten Standorten wachsende Arten. Ihre Früchte weisen verschiedenartige Verbreitungseinrichtungen auf. Die Früchte der hydrophytischen Carexarten (s. Wilczeck p. 135) sind von einem mehr oder weniger aufgeblasenen lufthaltigen Schlauche sackartig umgeben, wodurch sie kürzer oder länger schwimmend erhalten werden. Bemerkenswert ist, dass die xerophytischen Carexarten die gleiche Verbreitungseinrichtung besitzen. An den Früchten der Scirpusarten (s. Kölpin p. 161) finden sich ebenfalls Verbreitungseinrichtungen, und zwar besitzen sie grössten-

teils im Perikarp ein luftführendes Gewebe, welches ein meist längeres Schwimmen auf dem Wasserspiegel veranlasst. Die meisten Scirpusfrüchte sind ausserdem Häkelfrüchte; sie sind nämlich mit Borsten, die Widerhaken haben, ausgestattet. Den Samenschutz übernimmt das sklerosierte Endokarp. Die Steinfrucht von Cladium mariscus (s. Kölpin p. 167) besitzt in ihrem Exokarp ein lockeres luftführendes Parenchym und infolgedessen ein langes Schwimmvermögen. Den Samenschutz bildet hier das einem Steinmantel gleichende Endokarp. Die Früchte von Eriophorum schliesslich werden durch den Wind verbreitet, sie sind mit einem langen Haarschopf ausgerüstet.

Die Frucht von Glyceria aquatica, eine wasserbewohnende Graminee, zeigt in biologischer Hinsicht keine wesentlichen Verschiedenheiten gegenüber den Früchten terrestrer Arten (s. Kölpin p. 175).

Von den Polygonaceenfrüchten, deren Verbreitungsausrüstungen eingehend von Dammer (l. c. 260) untersucht sind, besitzen oft die Früchte der xerophytischen Arten gleiche Verbreitungseinrichtungen wie die der Hydrophyten. Die Früchte der Rumexarten werden meist durch den Wind verbreitet und sind ausserdem gute Schwimmer, die Polygonumfrüchte besitzen infolge ihrer schweren Benetzbarkeit eine kurze Schwimmfähigkeit.

Die aus der Kapsel herausgeschleuderten und schwer benetzbaren Montiasamen (Fam. *Portulacaceae) schwimmen kurze Zeit auf dem Wasser. Den Embryoschutz übernimmt hier die Samenepidermis, die sehr stark verdickte Aussenwände mit Gerbstoffeinlagerung besitzt.

An der Frucht von Ceratophyllum (Fam. *Ceratophylleae), dieser typisch submersen Pflanze, finden wir keinerlei Verbreitungseinrichtungen vor; sie sinkt im Wasser sofort zu Boden. Als Samenschutz funktioniert das dicke Endokarp, welches den Samen allseitig wie ein fester Steinzellmantel umgibt.

Die Früchte von Ranunculus aquatilis (Fam. *Ranunculaceae) schwimmen infolge des luftführenden Exokarps,

wenn auch nur sehr kurze Zeit auf der Oberfläche des Wassers. Den Samenschutz bewirkt hier das sklerosierte Endokarp.

Die Samenverbreitung der Nymphaceen ist für das Wasserleben dieser Pflanzen von grossem Nutzen. Wie bereits Hildebrand (l. c. p. 23) ausführlich beschreibt, ist der Same von Nymphaea von einem lufthaltigen sackartigen Arillus umgeben, wodurch ein langes Schwimmen der Samen auf dem Wasser bewirkt wird. Denselben Dienst leistet bei Nuphar das sich in einzelne Stücke trennende lufthaltige Gewebe der Fruchtwand. Die isolierten Samen beider Arten sinken im Wasser sogleich zu Boden.

An den Samen von Subularia (Fam. *Cruciferae) sind keine Verbreitungseinrichtungen zu beobachten; die Samen besitzen absolut kein Schwimmvermögen. Den Schutz des Embryos übernimmt die subepidermale verkorkte Zellschichte der Testa; die gleiche Schichte ist bei den meisten terrestren Cruciferen bedeutend stärker entwickelt.

Die kleinen leichten Samen der Droseraarten (s. Holzner p. 342) besitzen keine schützenden Elemente in ihrer sehr dünnen Samenschale. Bei Drosera rotundifolia und longifolia ist der sehr kleine eigentliche Samenkörper von dem äusseren Teile der Testa locker sackartig umhüllt (s. Ledum); bei Drosera intermedia sind die mit lufterfüllten Epidermiszellen der dicht anliegenden Testa sehr lang papillös ausgezogen. Beides sind Einrichtungen, die eine lange Schwimmfähigkeit und eine leichte Verbreitung der Samen durch den Wind bewirken.

An den Samen von Bulliardia (Fam. *Crassulaceae) finden wir keinerlei Verbreitungseinrichtungen; die Samen sind schwerer wie Wasser. Als Embryoschutz dient hier die stark entwickelte Samenepidermis.

Die schwer benetzbaren Samen von Hypericum elodes (Fam. *Hypericaceae) schwimmen kurze Zeit auf dem Wasserspiegel. Die in der Testa befindlichen Lufträume kommen hierbei wenig in Betracht, da auch die gleiche Grösse und Oberflächenbeschaffenheit, aber keine Luft-

räume enthaltenen Samen der untersuchten terrestren Hypericumarten sich ebenso verhalten. Den Embryo schützt insbesondere die in der Testa befindliche Steinzellenschicht.

Die Samen der *Elatineen zeigen die gleichen biologischen Verhältnisse, wie die Hypericumsamen.

An den Früchten der Callitrichaceen (s. Fauth p. 16) sind keinerlei Verbreitungseinrichtungen zu beobachten; den Schutz des Keimlings übernimmt die feste, elastische Steinschale.

Von den zahlreichen vorliegenden Untersuchungen über die Umbelliferenfrüchte ist besonders die von Kölpin (l. c. p. 159) vorgenommene über die Struktur der Fruchtschale der hydrophytischen Arten mit Rücksicht auf die Schwimmfähigkeit der Früchte hervorzuheben. Die Früchte dieser Arten besitzen infolge des luftführenden Gewebes im Perikarp eine mehr oder weniger gute Schwimmfähigkeit. Erwähnenswert ist, dass im Perikarp der terrestren Umbelliferen ebenfalls meist ein luftführendes Gewebe vorhanden ist.

An den Samen von Peplis und Lythrum (Fam. *Lythraceae) können als Verbreitungseinrichtung die zahlreichen nach Wasserzutritt aus der Epidermis hervortretenden Haare angeführt werden. Durch letztere wird eine erhebliche Vergrösserung der Berührungsfläche des Samens mit dem Wasser ohne irgendwelche Gewichtsvermehrung veranlasst, und deswegen auch jedenfalls die, wenn auch kurze, Schwimmfähigkeit der Samen. Ausserdem bewirken die Haare ein leichtes Anhaften der Samen am Gefieder der Wasservögel. Schutzeinrichtungen sind im hervorragenden Mafse ausgebildet; und zwar übernimmt den Embryoschutz der innere sklerosierte Teil der Testa, die U-förmig verdickte Oxalatkristalle führende Zellschichte kann als Schutz gegen Tierfrass angesehen werden.

Die Samen der zur Untersuchung herangezogenen *Oenotheraceen verhalten sich verschieden rücksichtlich ihrer Verbreitung. An den Samen von Isnardia finden wir keinerlei Verbreitungseinrichtungen; die Samen sinken

im Wasser sofort unter. Bei Epilobium sind die Samen mit einem langen Haarschopf versehen und dadurch der Ausbreitung durch den Wind angepasst. Den Schutz des Embryos übernimmt bei beiden das sklerosierte Kristalle führende Gewebe der Testa.

An den Früchten der Halorrhagidaceen (s. Fauth p. 20) sind keinerlei Verbreitungseinrichtungen zu konstatieren. Die dicke, harte Steinschale schützt den Keimling während der langen Samenruhe in hinreichendem Masse.

Die Samen der zwei von Fauth (l. c. p. 28) untersuchten hydrophytischen Gentianeen (Limnanthemum und Menyanthes) besitzen sowohl Verbreitungs- wie Schutzeinrichtungen, die für das Wasserleben der beiden Arten nützlich sind. Beide haben infolge ihrer lufterfüllten Testa und der Unbenetzbarkeit ihrer Samenoberfläche, wozu bei Limnanthemum noch die flache Gestalt und ein randständiger Wimperkranz kommt, ein längeres Schwimmvermögen. Die Schutzeinrichtungen sind bei beiden Pflanzen verschieden stark ausgebildet; bei Menyanthes besteht die ganze Testa aus dickwandigem sklerosiertem Gewebe, bei Limnanthemum hingegen übernimmt nur die sklerosierte Epidermis den Embryoschutz.

Die Samen der zur Familie der Primulaceen gehörigen Wasser- und Sumpfpflanzen, nämlich Hottonia, Lysimachia, Glaux, weisen keine besondere Verbreitungsausrüstungen auf. Sie zeigen überhaupt bezüglich ihrer Struktur keine wesentlichen Verschiedenheiten gegenüber den Samen der terrestren Primulaceen, wie Decrock (l. c. p. 53) konstatiert hat. Die bei allen Primulaceen im grossen und ganzen gleichartig gebaute Samenschale besteht aus der Epidermis, deren dünnwandige Zellen oft papillös vorgewölbt sind, einer subepidermalen Kristalle führenden Schicht und einem collabierten Gewebe.

Bei den Samen von Ledum (Fam. *Ericaceae) umhüllt der äussere lufthaltige Teil der Samenschale sackartig den eigentlichen kleinen Samenkörper. Infolgedessen schwimmen die Samen lange auf dem Wasser-

spiegel und werden auch leicht durch den Wind ausgebreitet. Besondere Einrichtungen zum Schutz des Embryos sind nicht ausgebildet.

Die Samen von Veronica und Limosella (Fam. *Scrophularineae) weisen keine bemerkenswerte Verbreitungs- und Schutzeinrichtungen auf; die Samen besitzen keine Schwimmfähigkeit.

An den Samen der Utricularіaarten (Fam. Lentibularineae) sind keinerlei Einrichtungen zu konstatieren, die für das Wasserleben dieser Pflanzen nützlich sind; sie sinken im Wasser nach kurzer Zeit zu Boden. Ihre Samenschale ist einfach gebaut (s. Warming p. 45), sie besteht aus der Epidermis und einem collabierten Gewebe und bildet keinen besonderen Schutz für den Embryo. Die Samen von Pinguicula (s. Marloth p. 233) weisen die gleichen Verhältnisse auf.

Ebenso sind an den Früchten der Plantaginacee Litorella lacustris (s. Fauth p. 36), wie auch an den *Lobeliaceensamen keinerlei Verbreitungseinrichtungen zu beobachten; als Samenschutz funktioniert bei ersteren der dicke Steinmantel des Perikarps, bei letzteren die stark entwickelte Samenschalenepidermis.

Zum Schluss sei es mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. Solereder, unter dessen Leitung diese Untersuchungen angestellt wurden, für das mir erwiesene Wohlwollen und die so vielseitige Unterstützung, die er, stets bereit, mir durch Rat und Tat angedeihen liess, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Zannichellia; Querschnitt durch das Perikarp. (Lateralseite).

Fig. 2. Triglochin palustris; Querschnitt durch das Perikarp (Dorsalseite).

Fig. 3. Scheuchzeria;
a) Querschnitt durch den äusseren Teil der Testa.
b) Längsschnitt durch die Epidermis.

Fig. 4. Narthecium;
a) Samenanlage.
b) Querschnitt durch die Testa.

Fig. 5. Iris Pseudacorus; Querschnitt durch die Testa.

Fig. 6. Montia minor;
a) Samenanlage.
b) Querschnitt durch die Testa.

Fig. 7. Ceratophyllum demersum.
Fruchtschale quer; Endokarp nur teilweise.

Fig. 8. Ceratophyllum submersum.
Exokarp quer; (Dorsalseite).

Fig. 9. Ranunculus aquatilis.
a) Querschnitt der Testa des nicht ganz reifen Samens.
b) Querschnitt der innersten Zellschicht der Testa des reifen Samens.
c) Flächenansicht der zweiten Zellschicht der Testa.
d) Flächenansicht der vierten Zellschicht der Testa.

Tafel II.

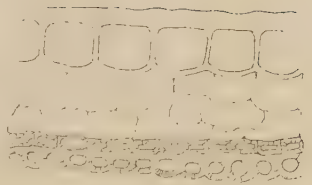
Fig. 10. Bulliardia aquatica; Testa und Nährgewebe quer.
Fig. 11. Hypericum elodes; Testa quer.
Fig. 12. Elatine Alsinastrum; Testa längs.
Fig. 13. Peplis portula;
a) Schlauchförmiger Haarkörper in der Epidermiszelle.
b—d) Sein allmähliches Heraustreten.
Fig. 14. Isnardia palustris; Testa längs.
Fig. 15. Epilobium palustre; Testa quer.
Fig. 16. Ledum palustre; Samenanlage.
Fig. 17. Ledum palustre; Testa quer.
Fig. 18. Veronica Beccabunga; Testa quer.
Fig. 19. Lobelia Dortmanna;
a) Bildung des Chalazahaustoriums.
b) Bildung des Mikropylehaustoriums.
c) Ausgewachsenes Chalazahaustorium.
d) Ausgeswachsenes Mikropylehaustorium.
e) Testa längs (am Mikropyleende des Samens).
f) Epidermis; Flächenansicht.
Fig. 20. Lobelia Erinus;
Epidermis; Flächenansicht.

Lebenslauf.

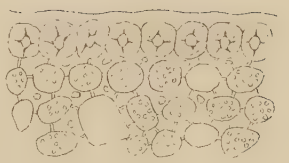
Otto Gustav Albert Wilhelm Ohlendorf, lutherischer Konfession, wurde zu Osnabrück am 24. Februar 1879 als Sohn des Gymnasiallehrers Hermann Ohlendorf und seiner Gemahlin, Wilhelmine geb. Rühmann geboren. Er besuchte das humanistische Ratsgymnasium seiner Vaterstadt, welches er in der Prima verliess, um sich dem Apothekerfache zu widmen. Nach Beendigung der Lehr- und Conditionszeit bezog er mit Beginn des Wintersemesters 1902/03 die Universität Erlangen. Im Mai 1904 bestand er daselbst sein pharmazeutisches Staatsexamen mit dem Prädikate „sehr gut“. An derselben Universität widmete er sich nun weiter dem Studium der Naturwissenschaften und zwar speziell der Botanik, um die Doktorwürde zu erlangen.

Tafel I.

1.



3 a.

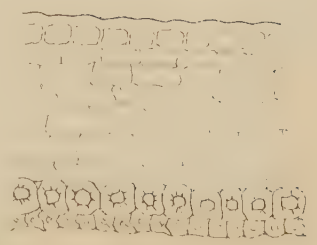


3 b.

4 a.

4 b.

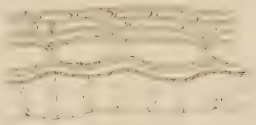
2.



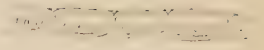
9 c.

6 a.

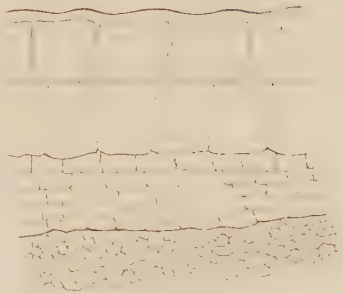
9a.



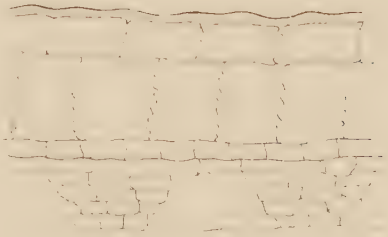
9 b.



7.



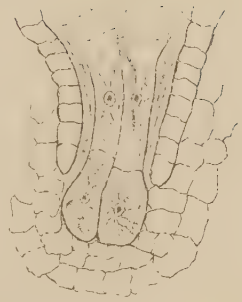
8.



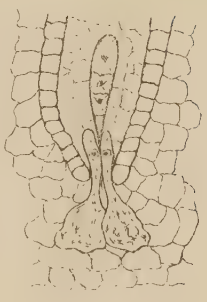
6 b.

Tafel II.

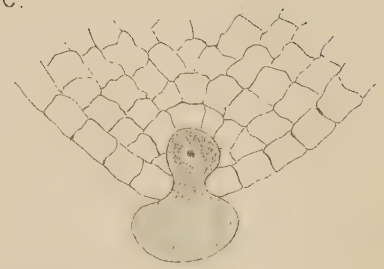
19 a.



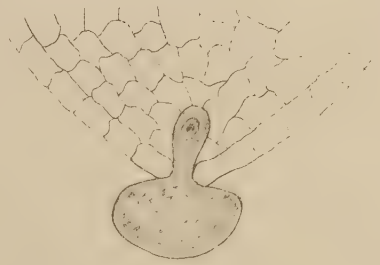
19 b.



19 c.



19 d.



19 e.

19 f.

20.

18.

16

17

14.

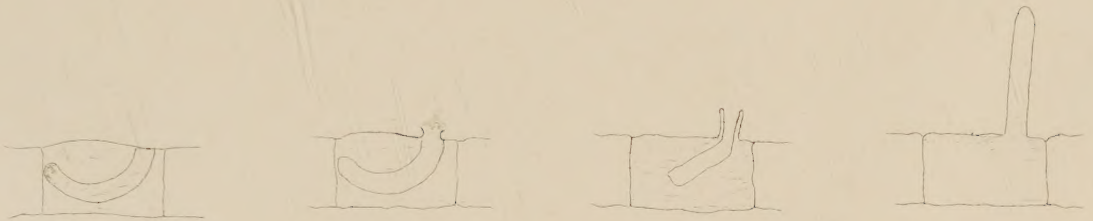
11.

15.

12.

10.

13.



a. b. c. d.